

# 微波对蜡玉米淀粉糊流变特性的影响

穆燕, 陈玲, 李琳, 李晓玺, 邹芳建

(华南理工大学轻化工研究所, 淀粉与植物蛋白深加工教育部工程中心, 广东 广州 510640)

**摘要:** 本文采用微波辐射对蜡玉米淀粉糊进行改性。利用旋转粘度计对微波改性前后蜡玉米淀粉糊的流变特性进行研究, 探讨了不同的温度、微波功率和微波时间对蜡玉米淀粉糊流变特性的影响规律。结果表明, 微波作用对蜡玉米淀粉糊的流变特性有显著影响。蜡玉米淀粉糊为假塑性流体, 经微波处理后, 由于淀粉的质量浓度变小, 粘度下降, 致使蜡玉米淀粉糊的流动曲线趋向平直, 有向牛顿型流体变化的趋势, 且随着微波加热温度的升高、微波功率的增大和时间的延长, 变化趋势越明显。

**关键词:** 微波处理; 蜡玉米淀粉糊; 流变特性

中图分类号: TS235.1; 文献标识码: A; 文章编号: 1673-9078(2008)01-0008-03

## Influence of Microwave Irradiation on the Rheological Property of Waxy Corn Starch Paste

MU Yan, CHEN Ling, LI Lin, LI Xiao-xi, ZOU Fang-jian

(Light Industry & Chemical Engineering Research Institute, South China University of Technology; Engineering Research Center of Starch & vegetable protein deep processing, Ministry of Education; Guangzhou 510640, China)

**Abstract:** The modification of waxy corn starch paste by microwave irradiation was studied. The effects of temperature, microwave power and irradiation time on the rheological property of waxy corn starch paste were investigated using a rotary viscometer. Results showed that the rheological property could be greatly affected by microwave irradiation. The treatment of microwave irradiation decreased the concentration and viscosity of the paste, changing the paste from a pseudoplastic fluid to a Newtonian fluid. This change tendency became obvious by improving the temperature and the power as well as prolonging the irradiation time.

**Key words:** microwave modification; waxy corn starch paste; rheological property

蜡玉米淀粉和普通淀粉一样不能溶于冷水中, 虽然其可在冷水中搅拌成乳状悬浮液, 但若停止搅拌则会逐渐分层, 由于蜡玉米淀粉糊的糊液透明度高、不易老化, 故将其糊化有利于扩大其用途<sup>[1]</sup>。和其它淀粉糊一样, 蜡玉米淀粉的流变特性很复杂, 同样受到质量浓度、温度、加热速率和剪切速率等诸多因素影响。一般情况下, 其淀粉糊粘性随温度、剪切速率、剪切时间和剪切率的改变而呈动态变化, 表现出非牛顿流体的流变行为, 故研究蜡玉米淀粉糊的流变学特性对其应用有着重要意义<sup>[2]</sup>。微波同常规加热相比较具有很多优点, 用微波糊化淀粉的研究已经引起国内外学者的广泛关注<sup>[3,6]</sup>。因此, 本文对微波处理后的蜡玉米淀粉糊的流变性进行研究, 并与常规加热的蜡玉米淀粉糊作对比, 探讨不同的微波温度、微波功

收稿日期: 2007-08-31

基金项目: 国家自然科学基金(20376027); 广东省科技攻关项目(2005A10903002); 广州市科技成果推广项目(2005C1360081)

通讯作者: 李琳, 男, 教授, 博士生导师

率和微波时间对蜡玉米淀粉糊流变特性的影响规律。

### 1 实验材料与方法

#### 1.1 材料与仪器

蜡玉米淀粉: 长春大成集团有限公司; LVDV-I+ 旋转粘度计: 美国 BROOKFIELD 公司; ETHOS SEL 微波反应系统: 意大利 MILESTONE 公司。

#### 1.2 实验方法

##### 1.2.1 常规加热制备蜡玉米淀粉糊

将 50 g/L 蜡玉米淀粉乳进行沸水浴加热, 不断搅拌使其完全糊化后继续在沸水浴中保持 30 min 后取出, 冷却, 补水。

##### 1.2.2 不同微波条件作用的蜡玉米淀粉糊配制

###### 1.2.2.1 微波温度

将 50 g/L 蜡玉米淀粉乳放入微波反应器中, 微波功率 1000 W 下处理 15 min, 微波温度分别控制在 60 °C、80 °C、100 °C、120 °C、140 °C, 处理后冷却取出。

1.2.2.2 微波功率

将 50 g/L 蜡玉米淀粉乳放入微波反应器中, 在 100 °C 下处理 15 min, 微波功率分别控制在 600 W、700 W、800 W、900 W、1000 W, 处理后冷却取出。

1.2.2.3 微波时间

将 50 g/L 蜡玉米淀粉乳放入微波反应器中, 在 100 °C 和 1000 W 的条件下分别处理 15 min、30 min、60 min、90 min、120 min, 处理后冷却取出。

1.2.3 淀粉糊流变特性的测定

采用 Brookfield 旋转粘度计进行测定。

将旋转粘度计处于水平位置, 打开旋转粘度计开关, 自检完毕后, 装上转子, 将待测淀粉糊冷却至 25 °C, 调节粘度计转子高度, 使其浸入淀粉糊液面。在选取的剪切速率 (本实验剪切速率  $\gamma$  的选择范围为 20~100 s<sup>-1</sup>) 下测定淀粉糊的表观粘度, 待读数稳定时记录即为该转速下的表观粘度值  $\eta$ , 然后根据表观粘度与剪切速率和剪切应力关系式:

$$\eta = \tau / \gamma \quad (1)$$

计算出对应转速下的剪切应力  $\tau$ , 然后作出剪切速率与剪切应力的关系曲线图<sup>[4]</sup>。

2 结果与分析

2.1 微波温度对蜡玉米淀粉糊流变特性的影响

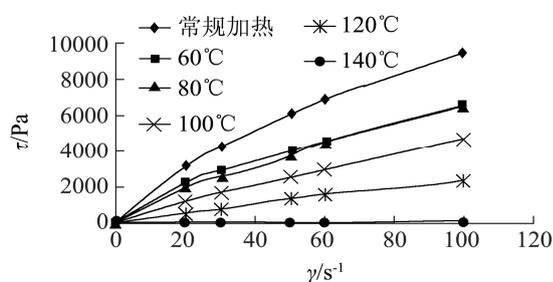


图 1 不同微波温度对蜡玉米淀粉糊流变特性的影响

Fig.1 Effect of different temperature on the rheology of waxy corn starch paste

图 1 为不同微波温度处理下蜡玉米淀粉糊的剪切应力与剪切速率的关系图。由图 1 可看出, 蜡玉米淀粉糊呈现假塑性流体的流变特性, 当相同微波温度时, 剪切应力  $\tau$  随剪切速率  $\gamma$  的增大而增大, 温度越低规律越明显。在同一剪切速率下, 微波温度越高, 对应的剪切应力  $\tau$  越小。这是因为蜡玉米淀粉分子在微波交变电磁场的作用下, 极性变换诱导产生糖甙键发生振动、撕裂和分子间的相互摩擦, 导致糖甙键发生断裂, 使蜡玉米淀粉分子发生降解<sup>[5]</sup>, 因此导致剪切应力降低。用幂定律  $\tau = K\gamma^m$  对图 1 的曲线进行拟合, 结果如表 1 所示。

表 1 不同微波作用温度对蜡玉米淀粉糊流变特性的影响

Table 1 Effect of different temperature on the rheology of waxy

corn starch paste			
作用温度/°C	稠度系数 /K(Pa·s <sup>m</sup> )	流动系数 m	相关系数 R <sup>2</sup>
常规加热	412.83	0.6845	0.9990
60	306.74	0.6599	0.9975
80	223.22	0.7279	0.9977
100	96.455	0.8397	0.9999
120	46.205	0.8516	0.9979

由表 1 可以看到, 当微波温度在 60~120 °C, 剪切速率  $\gamma$  在 0~100 s<sup>-1</sup> 时, 相关系数 R<sup>2</sup> 在 0.9975~0.9999 之间, 说明方程与曲线有较好的相关性。样品的稠度系数 K 值随着微波温度的升高而降低, 表明微波温度的升高会导致蜡玉米淀粉糊稠度降低。流动系数 m 随着微波温度升高而增加, 淀粉糊流动性增强。表中的 m 值均小于 1, 表明不同微波温度处理后的蜡玉米淀粉糊仍保持假塑性流体特征, 但随着微波作用温度的升高, 流动特征指数 m 不断增大并趋向于 1, 说明微波处理后蜡玉米淀粉糊有向牛顿型流体转变的趋势, 且微波温度越高, 转变趋势越明显。

2.2 微波功率对蜡玉米淀粉糊流变特性的影响

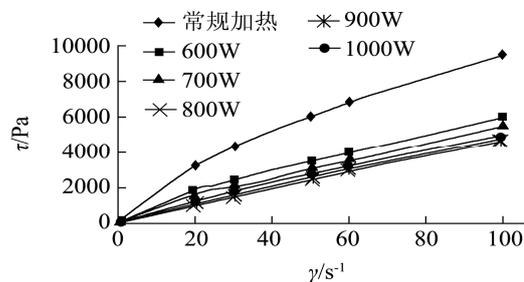


图 2 不同微波功率对蜡玉米淀粉糊流变特性的影响

Fig.2 Effect of different microwave power on the rheology of waxy corn starch paste

图 2 为不同微波功率处理的蜡玉米淀粉糊的剪切应力与剪切速率的关系图。由图 2 可以看出, 当微波处理条件相同时, 随着剪切速率的增大, 剪切应力也相应增大。与常规加热的蜡玉米淀粉糊相比, 在同一剪切速率下, 微波处理后的蜡玉米淀粉糊剪切应力呈明显下降趋势, 且随着微波功率的升高, 下降趋势越明显。用幂定律  $\tau = K\gamma^m$  对图 2 的曲线进行拟合, 结果如表 2 所示。

由表 2 的结果可以看出, 当剪切速率  $\gamma$  在 20~100 s<sup>-1</sup> 时, 相关系数 R<sup>2</sup> 在 0.9948~0.9999 之间, 说明方程与曲线有较好的相关性。蜡玉米淀粉糊的稠度系数 K 值随着微波功率的增大而降低, 表明微波功率的增大

会导致蜡玉米淀粉糊稠度降低。流动指数 $m$ 随着微波功率增大而增加,淀粉糊流动性增强。表中的 $m$ 值均小于1,表明不同微波作用功率处理后的蜡玉米淀粉糊仍保持假塑性流体特征,但随着微波功率的增大,流动特征指数 $m$ 不断增大并趋向于1,说明微波处理后蜡玉米淀粉糊有向牛顿型流体转变的趋势,且微波功率越大,转变趋势越明显。

表2 不同微波功率对蜡玉米淀粉糊流变特性的影响

Table 2 The effect of different microwave power on the rheology of waxy corn starch paste

微波功率/W	稠度系数 /K(Pa·s <sup>m</sup> )	流动系数 m	相关系数 R <sup>2</sup>
常规加热	412.83	0.6845	0.9990
600	204.93	0.7259	0.9948
700	156.61	0.7678	0.9975
800	112.63	0.8220	0.9995
900	104.35	0.8310	0.9998
1000	96.455	0.8397	0.9999

2.3 微波处理时间对蜡玉米淀粉糊流变特性的影响

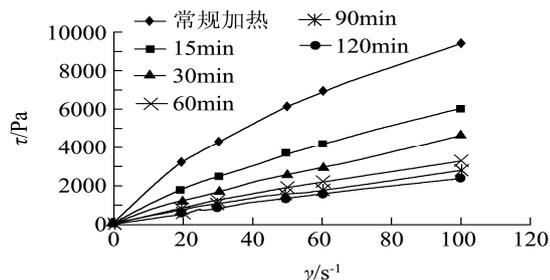


图3 不同微波处理时间对蜡玉米淀粉糊流变特性的影响

Fig.3 Effect of different microwave time on the rheology of waxy corn starch paste

图3为不同微波处理时间处理的蜡玉米淀粉糊的剪切应力与剪切速率的关系图。由图3可以看出,当微波处理条件相同时,随着剪切速率的增大,剪切应力也相应增大,且处理时间越短,这种规律更明显。在同一剪切速率下,与常规加热相比,微波处理后蜡玉米淀粉糊剪切应力有明显下降趋势,且随着微波处理时间的延长,下降趋势越明显。用幂定律 $\tau=K\gamma^m$ 对图3的曲线进行拟合,结果如表3所示。

由表3可以看出,当剪切速率 $\gamma$ 在20~100 s<sup>-1</sup>时,相关系数R<sup>2</sup>在0.9933~0.9990之间,说明方程与曲线有较好的相关性。蜡玉米淀粉糊的稠度系数K值随着微波处理时间的延长而降低,表明微波处理时间的延长会导致蜡玉米淀粉糊稠度变小。流动特征指数 $m$ 随着微波处理时间的延长而增大,淀粉糊的流动性增强。表中的 $m$ 值均小于1,表明经微波处理后的蜡玉米淀

粉糊仍保持假塑性流体特征,但随着微波处理时间的延长,流动特征指数 $m$ 不断增大并趋向于1,说明微波处理后蜡玉米淀粉糊有向牛顿型流体转变的趋势,且微波处理时间越长,转变趋势越明显。

表3 不同微波作用时间对蜡玉米淀粉糊流变特性的影响

Table 3 The effect of different microwave time on the rheology of waxy corn starch paste

微波时间 /min	稠度系数 /K(Pa·s <sup>m</sup> )	流动系数 m	相关系数 R <sup>2</sup>
常规加热	412.83	0.6845	0.9990
15	200.87	0.7410	0.9988
30	96.455	0.8397	0.9999
60	63.617	0.8576	0.9979
90	49.207	0.8768	0.9986
120	37.699	0.8983	0.9999

3 结论

探讨了微波温度、微波功率、时间等处理条件对蜡玉米淀粉糊的流变特性的影响,得到以下的结论:

(1)经微波处理后的蜡玉米淀粉糊仍为假塑性流体,但是随着微波温度的升高、微波功率的增大和处理时间的延长,都有趋向于牛顿流体的趋势。

(2)微波对蜡玉米淀粉糊流变学性质影响明显,其原因是微波的加入,一方面增加淀粉糊体系的能量,促进淀粉分子链的运动,减少链的缠结,增大链的柔性;另一方面,导致淀粉分子链发生断裂,分子发生降解,从而引起蜡玉米淀粉糊流变学性质发生改变。

参考文献

- [1] 张力田.变性淀粉[M].广州:华南理工出版社,2000
- [2] 王琴,冯颖竹,温其标.糯玉米淀粉的改性及其在轻工业中的应用[J].玉米科学,2006,14(2):170-174
- [3] Mohd N. I. M., Azemi B M N, Manan D M A. Rheological behaviour of sago (Metroxylon sago) starch paste[J]. Food Chemistry, 1999, 64: 501-505.
- [4] Scuffnab RF. Microwave processing in the US food industry [J]. Food Technology, 1992, 46(2): 50-53
- [5] Zenasni A., Raynaud P., Sahli S. Investigation on the origin of dielectric constant evolution in films deposited from organosilicon molecules in microwave DECR plasma reactor [J]. Surface and Coatings Technology, 2003, 174-175: 162-165
- [6] Muzimbaranda C., Harare P. T. Microwaves in physical and chemical modifications of starch [J]. Starch, 1994, 46 (12): 469-474

