

超高压均质技术对玉米淀粉流变特性的影响*

涂宗财,任 维,刘成梅,郭逍遥,李 敏,张 博,林德荣

(南昌大学食品科学教育部重点实验室,江西南昌,330047)

摘 要 通过超高压均质技术对玉米淀粉进行不同压力的均质处理,使用流变仪研究了不同压力处理后玉米淀粉在不同条件下的流变学特性。结果表明,玉米淀粉的流变特性随压力的变化而变化。

关键词 玉米淀粉,超高压均质技术,流变特性

淀粉颗粒在物理破碎下,随着大小、形貌和均匀度的改变,分子结构也发生变化,从而导致理化性质如分散性、溶解度、糊化性质和化学活性等相应发生变化。与传统的化学变性方法相比,采用物理法破碎淀粉,使其颗粒微细化是淀粉深加工的一种新思路,产品具有更广泛的用途。

超高压微射流是一种特殊形式的动态超高压均质技术,它是利用由电机驱动的液压平台产生高压,液压驱动增压器内的活塞推动高压往复活塞产生一个交替的抽吸,使流体加速至高速进入反应室(振荡头,interaction chamber)内,在振荡头中,被增速到300m/s以上的液体分成两股或更多股细流,然后在极小空间进行强烈的垂直撞击或Y型撞击,在撞击的过程中瞬间转化其大部分能量,产生巨大的压力降,从而使得液体颗粒高度破碎^[1]。特别是粉体在含液的情况下,压力能的释放和高速运动使粒子成集块粉碎。超高压微射流不同于静压处理,在这种均质过程中,剧烈的处理条件如液体高速撞击、高剪切、空穴爆炸、高速振荡等作用可能会导致大分子结构的变化^[2~4]。

笔者通过超高压微射流均质技术对玉米淀粉进行了不同压力的均质处理,研究了其流变特性的变化。

1 实验材料与方法

1.1 实验材料与仪器

玉米淀粉:市售,长春金成玉米开发有限公司生产。

纳米超高压均质机:NCJJ-0.2/150型,中国廊坊通用机械有限公司;微射流均质机:M-700型,美国Microfluidics公司;电子分析天平:BS323S型,北

京赛多利斯仪器系统有限公司;流变仪:DV-III型,美国Brookfield公司。

1.2 超高压均质处理

采用纳米超高压均质机和微射流均质机对玉米淀粉浆液进行不同压力的均质处理,从20MPa依次增加到120MPa,然后将不同均质压力处理的玉米淀粉浆液喷雾干燥得样品。

1.3 玉米淀粉流变特性测定

准确称取玉米淀粉及不同压力均质的玉米淀粉样品,用蒸馏水将它们配成质量分数4%的溶液,搅拌使之充分分散,然后在沸水浴中加热糊化。取适量样品在25℃下用流变仪测量流变参数,得出流变模型。

2 结果与讨论

2.1 不同压力均质玉米淀粉的流变模型

将不同压力均质的玉米淀粉配成质量分数4%的淀粉乳,糊化后用流变仪测量各流变参数。它们在25℃下剪切应力和剪切速率的关系如图1所示。

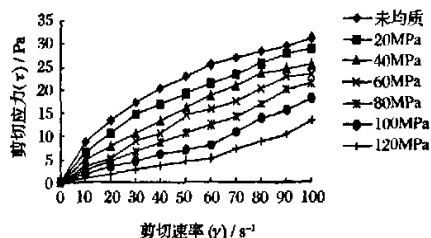


图1 不同压力均质玉米淀粉的流变特性

由图1可以观察到,玉米淀粉及其不同压力均质产物的流变曲线是经过原点、且不同程度地凸向剪切应力轴的曲线,可以判断出它们均属于非牛顿流体。剪切应力随剪切速率的增大而增大,具有假塑性流体特征^[5]。当剪切速率相同时,剪切应力随着玉米淀粉均质压力的增加而有明显的下降。根据流变曲线的形状,用幂定律 $\tau = k \times \gamma^m$ 来描述超高压均质处理玉

第一作者:博士,教授。

* 教育部长江学者和创新团队发展计划项目(No. IRT0540)

收稿日期:2007-02-14,改回日期:2007-07-04

米淀粉糊化后的流变曲线。

表1 不同压力均质玉米淀粉的流变特性

压力/MPa	稠度系数 $k/\text{Pa} \cdot \text{s}^m$	流动系数(m)	相关系数(R^2)
0	9.153 5	0.550 2	0.994 1
20	6.816 6	0.640 6	0.996 1
40	4.777 8	0.748 5	0.996 5
60	3.332 7	0.864 8	0.991 4
80	2.399 8	0.938 4	0.997 6
100	1.600 6	0.971 2	0.980 1
120	0.746 1	0.983 1	0.989 4

通过一元非线性回归,得出所有样品的 k 、 m 值及相关系数 R^2 如表1所示。由表1可以看出,采用幂定律来描述时,相关系数在 0.980 1~0.997 6,表明幂定律可以对超高压均质处理玉米淀粉糊化后的流变特性曲线进行较好的拟合。

表1中的数据同时还表明,稠度系数 k 随着玉米淀粉均质压力的增加而有所降低,流动指数 m 值的变化情况则刚好相反,随着均质压力的增大而增大,且所有样品的 m 值都小于1,更好地表明超高压均质前后玉米淀粉糊化后均为假塑性流体。经 100 MPa 和 120 MPa 压力处理的玉米淀粉的流动指数 m 为 0.971 2 和 0.983 1,不仅大于未均质玉米淀粉的 m 值,而且比较接近 1,说明,超高压均质处理使玉米淀粉糊化后的特性偏近于牛顿流体,并具有很好的流性。

2.2 超高压均质对玉米淀粉表观粘度的影响

温度为 25℃、质量分数为 4% 的上述 7 个不同压力均质处理的玉米淀粉糊化后在不同的剪切速率下与表观粘度的关系如图2所示。

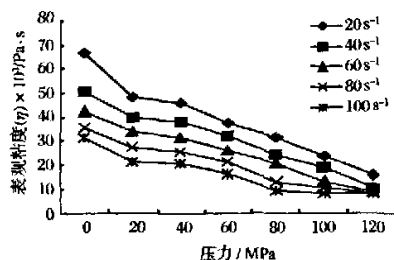


图2 超高压均质对玉米淀粉表观粘度的影响

由图2可见,超高压均质对玉米淀粉糊化后的表观粘度有显著影响。在相同的剪切速率下,随均质压力的增加,淀粉糊化后的表观粘度值不断下降。处理压力较小时,淀粉表观粘度下降速度很快,而处理压力大于 80 MPa 以后,表观粘度下降得非常少。这是因为均质处理过程中的高速撞击、高剪切、空穴爆

炸、高速振荡等作用使淀粉样品中的分子链发生断裂,引起分子质量分布的变化,使得小分子的数量增加,糊化后对流动产生的粘性阻力减小,因此,表观粘度大大降低。而均质压力增加到一定程度后,淀粉分子链变化不再那么显著,因而表观粘度下降趋势变缓。

2.3 不同压力均质玉米淀粉糊化后的剪切稀化

剪切稀化是假塑性流体所特有的现象,即流体的表观粘度随剪切速率的增加而降低。图3是 25℃ 时质量分数 4% 的不同压力均质处理的玉米淀粉糊化后的表观粘度与剪切速率关系图。

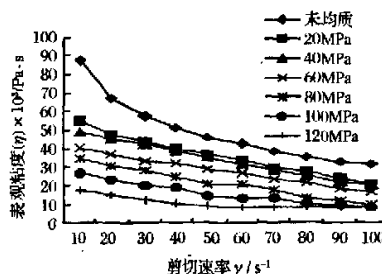


图3 不同压力均质玉米淀粉糊的剪切稀化

从图3中可以看到,玉米淀粉糊化后,随剪切速率增加,表观粘度开始急剧下降,然后逐渐趋向平缓,说明存在剪切稀化现象。超高压均质对剪切稀化的影响规律与对表观粘度影响规律相同,随着均质压力的增大,剪切稀化程度减缓。剪切稀化是由于淀粉样品中,分子链相互缠绕阻碍了流动,当受到剪切应力作用产生流动时,缠绕的分子链被拉直取向,流层间的剪切应力减少,从而使表观粘度下降。当剪切速率增大到某一数值后,淀粉分子来不及取向或已经充分取向,表观粘度就维持在一个常数。玉米淀粉在超高压均质过程中,分子内氢键受到破坏,结构变得松散,使得分子缠结点减少,对流动产生的粘性阻力减小,结果使剪切稀化程度降低^[6]。

2.4 不同压力均质玉米淀粉糊化后的触变性

将剪切速率逐渐增大,当到达选择的最大剪切速率(本实验最大 $\gamma = 100 \text{ s}^{-1}$) 后即将剪切速率逐渐降低至起点,由此测定不同压力均质玉米淀粉的触变性。如果剪切应力的上行曲线与下行曲线间存在滞后,有滞后圈产生,表明样品具有触变性。滞后圈的大小可表示触变性的强弱,面积越大触变性越大,反之越小。图4表示质量分数为 4% 温度为 25℃ 时不同压力均质玉米淀粉糊的触变性。

图4表明,在 25℃ 时,4% 质量分数的未均质玉

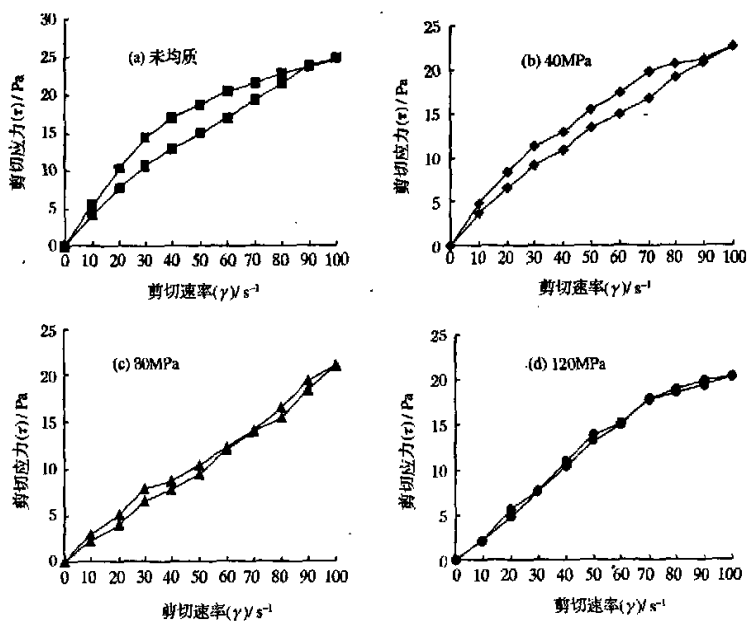


图4 不同压力均质玉米淀粉糊的触变性

米淀粉和40、80 MPa均质处理的玉米淀粉具有触变性,且随着均质压力的增大,触变性逐渐减小。120 MPa均质处理的玉米淀粉触变性几乎不存在。

3 结论

(1)玉米淀粉及其不同压力均质产物糊化后均呈现假塑性流体特征,符合幂定律 $\tau=k \cdot \gamma^m$,其中 k, m 为常数。均质压力越大的样品,其表观粘度越低,越逼近牛顿流体。

(2)超高压均质对玉米淀粉糊化后的流变性质有显著影响,降低了其剪切稀化程度,减弱了其触变性。

(3)采用超高压均质处理方法能有效地改变玉米淀粉的流变学特性。

参考文献

- 1 刘成梅,刘伟,高荫榆,等.微射流均质机的流体动力学行为分析[J].食品科学,2004,25(4):58~62
- 2 涂宗财,陈剑兵,刘成梅,等.带肉胡萝卜汁的流变特性研究[J].食品科学,2006,27(3):52~55
- 3 涂宗财,任维,阮榕生,等.超高压技术对大米淀粉物性影响初探[J].食品工业科技,2006,27(5):103~105
- 4 涂宗财,汪菁琴,阮榕生,等.超高压均质对大豆分离蛋白功能特性的影响[J].食品工业科技,2006,27(1):66~67
- 5 吴雪辉,张加明.板栗淀粉糊特性的研究[J].食品与发酵工业,2002,28(6):46~48
- 6 胡飞,陈玲,李琳,等.微细化马铃薯淀粉流变学特性的研究[J].中国粮油学报,2003,18(2):61~63

Research of the Effect of Super High-pressure Homogenization Technology on the Rheologica Property of Corn Starch

Tu Zongcai, Ren Wei, Liu Chengmei, Guo Xiaoyao,

Li Min, Zhang Bo, Lin Derong

(Key Laboratory of Food Science of MOE, Nanchang University, Nanchang 330047, China)

ABSTRACT Corn starch was homogenized by super high-pressure homogenization technology. The rheologica property of different pressure homogenizing was studied by a rheometer. The results showed that the rheologica property of corn starch varied as the pressure changed.

Key words corn starch, super high-pressure homogenization technology, rheologica property