

# 魔芋葡甘聚糖的 剪切流变特性研究

汪超<sup>1,2</sup>, 汪兰<sup>2</sup>, 徐潇<sup>2</sup>, 李斌<sup>2</sup>, 谢笔钧<sup>2\*</sup>

(1.湖北工业大学生物工程学院食品科学与工程系,湖北武汉 430068;2.华中农业大学食品科技学院天然产物研究室,湖北武汉 430070)

**摘要:** KGM 溶胶属典型的假塑性流体。通过研究魔芋葡甘聚糖(KGM)溶胶粘度( $\eta$ )和剪切应力分别与剪切速率的相关性,表明 KGM 的剪切流变特性呈明显的非线性变化规律,符合幂定律( $\tau=K\dot{\gamma}^n$ ),进一步得出了粘性系数 K 和流动指数 n 随浓度和温度的变化趋势,其关系曲线可分别用幂函数和二次多项式拟合。目的是求得 K 和 n 的非线性变化曲线,为 KGM 在食品工业中的合理应用和其质量评价提供可靠依据。

**关键词:** 魔芋葡甘聚糖, 流变特性, 非线性变化规律, 浓度效应, 温度效应

**Abstract:** Konjac glucomannan(KGM) gum belongs to pseudoplastic fluid. Obvious non-linear changing tendencies of shearing rheological behavior of KGM were detected through analysis of the correlations of viscosity( $\eta$ )-shear rates and shear stress-shear rates, respectively, and its shearing rheological curves conformed to the Power Law ( $\tau=K\dot{\gamma}^n$ ). The changing tendencies of viscosity factor (K) and flow index(n) with concentration and temperature were also obtained, the curves can be fitted with power and quadratic polynomial equation, respectively. The acquired non-linear correlation curves of K and n can provide a reliable foundation for proper applications of KGM in food industry and its quality evaluation.

**Key words:** konjac glucomannan; shear rheological behavior; non-linear change tendencies; concentration effect; temperature effect

中图分类号: TS201.7 文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2006)11-0082-03

魔芋(*Amorphallus Konjac K.Koch*)属天南星科多年生草本块茎植物,主成分魔芋葡甘聚糖(KGM)是

由葡萄糖和甘露糖以  $\beta$ -1,4 糖苷键连接的杂多糖,其水溶胶具有典型的假塑性,其良好的增稠、共混、定型以及胶凝等性能已被广泛用于食品工业的诸多领域。流变学性能研究已在 KGM 单一和共混体系中广泛展开,进一步拓宽了 KGM 的应用领域,这对 KGM 的质量评价标准也提出了更高的要求。KGM 溶胶的剪切流变特性显著影响其在食品加工中的用量、质量、损耗以及生产工效。KGM 的质量通常采用流变学特征值(粘度  $\eta$ 、粘性系数 K 和流动指数 n)这一重要质检指标来评价。本文采用粘度法,运用非线性回归方程分析了 KGM 的流变学特性和质量评价指标,对于 KGM 的科学合理应用具有重要的现实指导意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

魔芋胶 购于上海北连食品有限公司;所有试剂均为国产分析纯。

Haake 粘度仪(W.Germany, TYP:001-1407)。

### 1.2 实验方法

**1.2.1 KGM 的纯化** KGM 的纯化参考李斌的方法,经 SEC-LS 联用测得 KGM 的重均分子量  $M_w = 1.016 \times 10^6$ 。

**1.2.2 粘度测定法** 1.00gKGM 分散于 99.00mL 蒸馏水中,在 25℃下以 100r/min 转速搅拌溶胀 2.0h,静置 1.0h,即配制成 1.00%(w/w)溶胶。用上述方法配制 1.00%(w/w)以及所需不同浓度的 KGM 溶胶,在 Haake 粘度仪上设定测定温度和转速,分析测量值来研究剪切速率对于表观粘度的影响,即 KGM 溶胶的剪切流变特性。每项实验作两次连续重复,误差在 2%以内求其平均值。

## 2 结果与讨论

收稿日期: 2006-03-12 \* 通讯联系人

作者简介: 汪超(1978-),男,博士,主要从事食品与天然产物化学研究工作。

基金项目: 湖北工业大学高层次人才启动基金;国家高技术研究发展计划(863 计划)(批准号:2002AA2Z4181)。

## 2.1 KGM 溶胶的剪切流变曲线

2.1.1 不同浓度的剪切流变曲线 如图 1, 图 2 所示, 在 25℃ 下, KGM 溶胶表现出明显的剪切变稀现象, 即  $\eta$  随剪切速率的增加而显著减小, 这反映了 KGM 溶胶具有典型的假塑性流体特征。溶胶浓度愈高, 假塑性特征愈显著。但当 KGM 溶胶的浓度低于 0.55% 时, 其  $\eta$  受剪切速率的影响较小, 表现出近似牛顿流体的流动特性。

KGM 溶胶的流变曲线符合幂定律  $\tau = K D^n$  方程,  $\tau$  是剪切应力,  $D$  是剪切速率。粘性系数  $K$  是液体粘稠度的量度,  $K$  越大, 液体越粘稠。流动指数  $n$  是假塑性程度的量度,  $n$  越小, 剪切越易变稀, 假塑性程度越大。

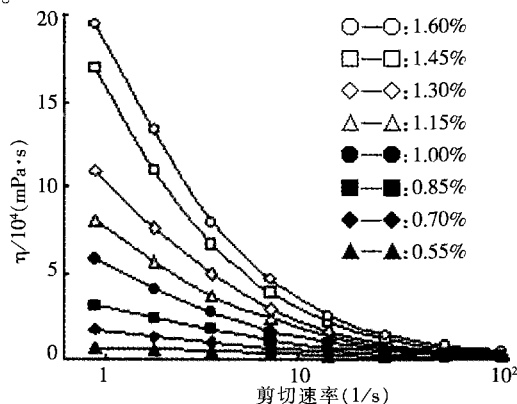


图 1 剪切速率对不同浓度 KGM 溶胶  $\eta$  的影响

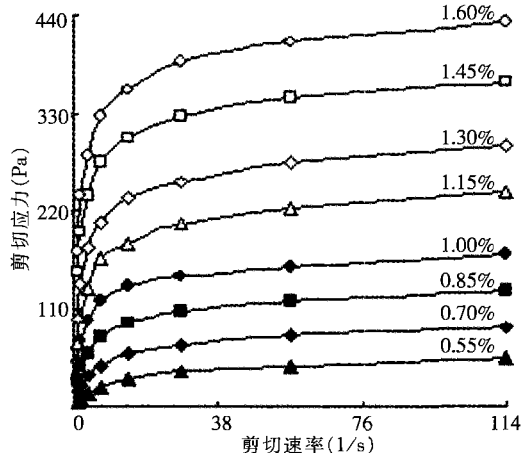


图 2 不同浓度 KGM 溶胶的流变曲线

图 3 是在 25℃ 下不同浓度 KGM 溶胶的  $K$  值和  $n$  值。由图 3 可见, 幂函数方程能较好地反映  $K$  值和  $n$  值的变化趋势, 随 KGM 溶胶浓度增加,  $K$  值和  $n$  值分别随之减小和增加, 进一步反映出 KGM 溶胶假塑性特征的程度。但当 KGM 溶胶浓度为 0.10% 时,  $K$  值极小,  $n$  值趋近于 1, 十分接近于牛顿流体。另外, 对作为评价 KGM 质量指标的  $K$  值和  $n$  值而言,  $K$  值愈大,  $n$  值愈小, 质量愈优。此回归曲线可作为评价参考依据, 用于分析广泛浓度范围内不同来源的 KGM 质量, 即通过比较样品测定值落在曲线以上或以下, 以

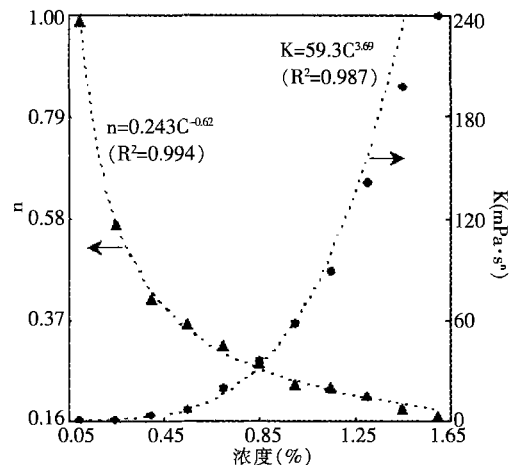


图 3  $K$  和  $n$  分别对应的浓度效应回归曲线

及偏离曲线的距离来判断样品质量优劣。

2.1.2 不同温度的剪切流变曲线 由图 4, 图 5 可见, 在不同的温度下, 1.00% KGM 溶胶同样表现出明显的剪切变稀现象, 即典型的假塑性流体特征。溶胶温度愈低, 假塑性特征愈显著。然而当 KGM 溶胶温度高于 85℃ 时, 其  $\eta$  受剪切速率的影响较小, 接近于牛顿流体。

在不同的温度下, KGM 溶胶的流变曲线同样符合幂定律  $\tau = K D^n$  方程。二次多项式对于  $K$  值和  $n$  值

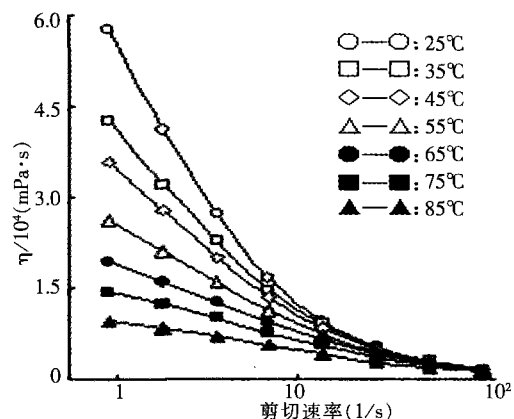


图 4 剪切速率对 1.00% KGM 溶胶不同温度下  $\eta$  的影响

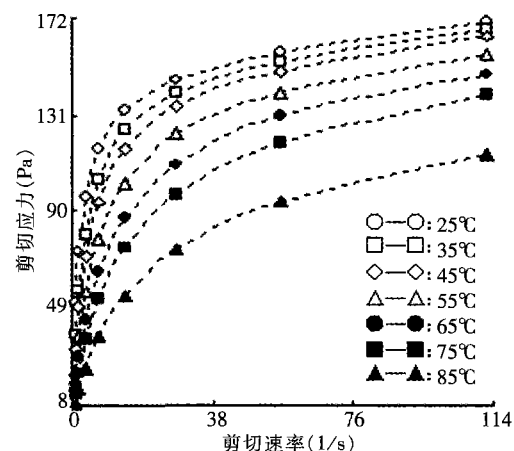


图 5 1.00% KGM 溶胶不同温度的流变曲线

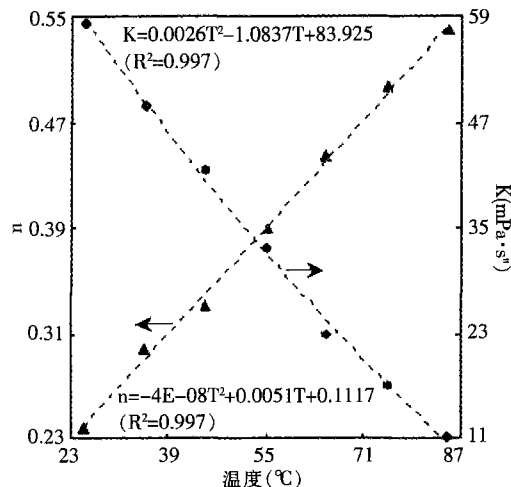


图6 K和n分别对温度效应的回归曲线

温度效应的良好拟合程度清楚地反映在图6上。随KGM溶胶温度增加,K值和n值分别随之减小和增加,由此也反映出KGM溶胶假塑性特征的程度,而对于KGM溶胶,温度为85℃时,K值最小,n值最大,显示出近似牛顿流体的流变特性。与上述K值和n值的浓度效应一样,此回归曲线同样可作为质检依据,在较大温度区间内比较、评价样品的质量优劣。

### 3 结论

**3.1 KGM的剪切流变特性**,即KGM的 $\eta$ 与剪切应力及剪切速率的相关性,呈明显的非线性变化规律,符合幂定律( $\tau = K\dot{\gamma}^n$ ),以及粘性系数K和流动指数n随浓度变化的幂函数关系和随温度变化的二次多项式函数关系。

**3.2 K值和n值随浓度和温度改变的非线性变化曲线**,对于精确控制KGM的 $\eta$ 以及由此所带来的物理、化学和生物学性能变化,促进KGM的科学合理应用具有现实指导意义。另外,可在广泛浓度范围和较大温度区间内比较分析不同来源的KGM质量优劣,为其质量评价提供可靠依据。

(上接第81页)

[2] Sorgentini D A, Wagner J R. Comparative study of structural characteristics and thermal behavior of whey and isolate soybean proteins[J]. Journal of Food Biochemistry, 1999, 23(5):489~507.  
[3] Smith C, et al. The determination of trypsin inhibitor levels in foodstuffs[J]. J Sci Food Agric, 1980, 31:341~346.  
[4] 郭乾初, 梁汉华. 商品大豆饮料胰蛋白酶抑制剂活性的研究[J]. 中国乳品工业, 1997, 25(6):8~10.  
[5] Hackler L R, et al. Effect of heat treatment on nutritive value of soy milk protein fed to weanling rats [J]. J Food Sci, 1965, 30:723~729.  
[6] Schwert GW, Takenaka Y. A spectrophotometric determination of trypsin and chymotrypsin[J]. Biochem Biophys Acts, 1955, 16:

### 参考文献:

[1] Nishinari K. Konjac glucomannan [J]. Developments in Food Science, 2000, 41(25):309~330.  
[2] Kaname K, Kohsaku O, Kenichi H. Constitution of konjac glucomannan: chemical analysis and  $^{13}\text{C}$  NMR spectroscopy [J]. Carbohydrate Polymers, 2003, 53:183~189.  
[3] Dave V, Sheth M, McCarthy S P. Liquid crystalline, rheological and thermal properties of konjac glucomannan [J]. Polymer, 1998, 39(5):1139~1148.  
[4] Nishinari K, Williams P A, Phillips. Review of the physical-chemical characteristics and properties of konjac glucomannan [J]. Food Hydrocolloids, 1992(6):199~222.  
[5] Yoo M H, Lee H G, Lim S T. Physical properties of the films prepared with glucomannan from Amorphophallus konjac [J]. Korean J Food Sci Tech, 1997, 29:255~269.  
[6] Richard T. Konjac Flour: Properties and Applications [J]. Food Technology, 1991, 45(3):82~92.  
[7] 庞杰, 谢建华, 张甫生, 等. 可食性葡甘聚糖复合抑菌膜及其应用研究[J]. 农业工程学报, 2004, 20(3):157~162.  
[8] Takahiro F, Yohei K, Toshio O. Effects of non-ionic polysaccharides on the gelatinization and retrogradation behavior of wheat starch [J]. Food Hydrocolloids, 2005, 19:1~13.  
[9] Nishinari K, Miyoshi E, Takaya T. Rheological and DSC studies on the interaction between gellan gum and konjac glucomannan [J]. Carbohydrate Polymers, 1996, 30:193~207.  
[10] 陈素文, 贾成禹, 莫卫平, 等. 评价魔芋精粉质量的流变学特征值检测法[J]. 天然产物研究与开发, 1990, 2(1):28~31.  
[11] 李斌, 谢笔钧. 魔芋葡甘聚糖分子链形态研究[J]. 中国农业科学, 2004, 37(2):280~284.  
[12] 许时婴, 钱和. KGM葡甘露聚糖的化学结构与流变性质 [J]. 无锡轻工业学院学报, 1991, 10(1):1~12.  
[13] Noriko K. Relationship between the quality of konjac flour and the molecular matter nature of konjac mannan [J]. Journal of Agricultural Biological Chemistry, 1979, 43(11):2391~2392.  
570~575.  
[7] Büchmann N B. In vitro digestibility of protein and amino acids in protein mixtures [J]. J Sci Food Agric, 1979, 43:361~372.  
[8] Booth A N, Robbins D J, et al. Effect of raw soybean meal and amino acid on pancreatic hypertrophy in rats [J]. Proc Soc Exp Biol Med, 1960, 104:681~683.  
[9] Rackis J J, Smith A K, et al. Feeding studies on soybeans. Growth and pancreatic hypertrophy in Rats fed soybean meal fractions [J]. J Sci Food Agric, 1963, 40:531~538.  
[10] Kennedy A R. The evidence for soybean products and cancer preventive agents [J]. J Nutrition, 1995, 125(3):733~741.