

# 魔芋胶对大米粉流变性能的影响

岳莉娜, 彭雨露, 曹 燕, 隋艺琳, 陶云飞, 高铭钰, 张 良\*

(扬州大学 食品科学与工程学院, 江苏 扬州 225127)

**摘 要:** 为改善大米粉的凝胶性能, 运用流变仪通过应变扫描、频率扫描、温度扫描和大变形剪切等方法, 研究魔芋胶对大米粉体系流变性能的影响。结果表明: 所有样品都呈现出假塑性流体特性, 加入魔芋胶后样品剪切稀化趋势减弱。5‰的魔芋胶对米粉体系有增稠作用。25 ℃和 85 ℃下, 魔芋胶添加量对米粉体系模量变化的影响一致。含有 5‰魔芋胶的米粉样品抵抗应变的能力变强。3‰魔芋胶对体系类固体行为变化无影响, 而 5‰魔芋胶增强了体系的类固体行为。随魔芋胶含量增加米粉体系抵抗温度变化的能力减弱。

**关键词:** 食品科学; 大米粉; 魔芋胶; 流变性

中图分类号: TS 972.131

文献标识码: A

文章编号: 2095 - 8730(2019)03 - 0070 - 04

米粉制品是以大米为原料, 经磨浆、糊化成型、冷却、干燥等生产工序加工而成。但米粉制备过程中常见的问题有老化、断条和黏连现象。目前, 较多研究致力于运用食品改良剂来改善米粉加工中的问题。<sup>[1-2]</sup> 由于魔芋胶是自然界中相对分子质量最大、黏度最高的膳食纤维, 常常被作为增稠剂、胶凝剂或乳化剂添加到食品体系中,<sup>[3]</sup> 也有较多关于魔芋胶改善米粉断条现象的相关研究。如 HOOVER<sup>[4]</sup> 的研究表明通过加入魔芋胶可改善米粉老化、断条问题。

米粉的加工过程主要涉及大米粉的流变学性能, 因此研究魔芋胶对大米粉的流变凝胶性能的影响非常必要。<sup>[5]</sup> 既有相关研究报道大多集中在魔芋胶对淀粉流变性能的影响上。<sup>[6-8]</sup> 如 YO-SHIMURA 等<sup>[6]</sup> 发现魔芋胶可减缓玉米淀粉在储藏过程中的凝胶化回生作用。米粉虽主要由大米淀粉组成, 但大米中的蛋白质、脂质、膳食纤维等组分对淀粉的流变性能都会产生影响。<sup>[9-10]</sup> 到目前为止, 相关研究多集中在魔芋胶对米粉蒸煮食用品质的影响, 涉及魔芋胶对米粉流变学性质方面的研究很有限。本文研究不同温度下、不同魔芋胶添加量对大米粉的流变凝胶性能的影响, 为魔芋胶作为米粉改良剂提供基础应用数据及流变

学支撑。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料与设备

大米购自宿迁市三毛绿色粮油有限公司; 魔芋胶(YZ-CH-20, pH 5.0 ~ 7.0、水分 ≤ 10%、灰分 ≤ 3.0%、葡甘露聚糖干基含量 ≥ 80%、透明度 ≥ 50%、黏度 ≥ 20 000 mPa·s) 购自湖北一致魔芋生物科技有限公司。

Kinexus pro 型流变仪: 英国马尔文仪器有限公司。

### 1.2 米粉体系的制备

将大米粉碎过 180 μm 筛孔, 加入去离子水配成质量浓度 ( $m_{\text{大米粉}}/m_{\text{总}}$ ) 为 40 g/kg 的米粉悬浮液, 分别添加 3‰和 5‰ ( $m_{\text{魔芋胶}}/m_{\text{米粉}}$ ) 魔芋胶, 置于恒温加热磁力搅拌器上糊化 40 min (温度: 99 ℃; 转子转速: 100 r/min)。糊化结束后, 迅速冷却至室温, 进行流变学测试。 $M_0$  表示纯大米粉,  $MM_3$  表示米粉含 3‰魔芋胶,  $MM_5$  表示米粉含 5‰魔芋胶。

### 1.3 流变测试

#### 1.3.1 应变扫描测试

在温度 25 和 85 ℃、频率 1 Hz、间隙

收稿日期: 2019 - 02 - 20 \* 通信作者

基金项目: 江苏省自然科学基金项目 (BK20160467); 扬州大学大学生创新训练计划项目 (201711117045Z)

作者简介: 岳莉娜 (1995 -), 女, 河南周口人, 扬州大学食品科学与工程学院硕士研究生, 从事食品科学与工程研究;

张 良 (1989 -), 女, 河南南阳人, 扬州大学食品科学与工程学院讲师, 博士, 从事食品科学与工程研究。

1. 00 mm、应变范围0.1% ~ 100.0% 下测试。

1.3.2 频率扫描测试

在温度25和85℃、频率0.01~10.00 Hz、间隙1.00 mm、剪切应力1% 下测试。

1.3.3 温度扫描测试

在温度25~85℃、频率1 Hz、间隙1.00 mm、剪切应力1%、升温速率3℃/min(为避免水分挥发,在样品外侧涂一层硅油)下测试。

1.3.4 剪切速率扫描测试

在温度25℃、间隙1.00 mm、剪切速率0.001~100.000 s<sup>-1</sup>、剪切应力1% 下测试。

2 结果与讨论

2.1 应变扫描曲线分析

25℃及85℃下,魔芋胶对米粉体系的应变曲线的影响分析见图1和图2。

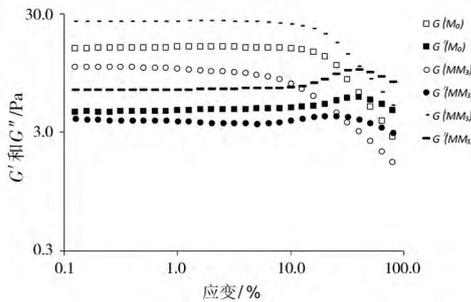


图1 25℃下纯米粉及含魔芋胶的米粉体系的应变扫描曲线

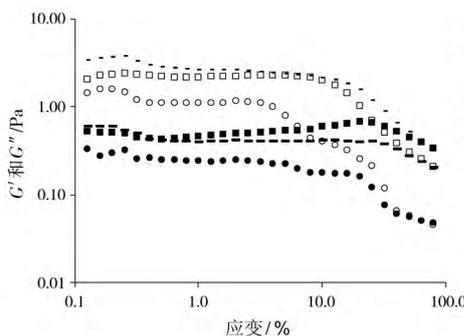


图2 85℃下纯米粉及含魔芋胶的米粉体系的应变扫描曲线

由图1可知,纯米粉体系在应变为0.1%~12.0%时处于线性黏弹区,G''小于G'表明这时体系的状态保持在黏弹性类固体并且弹性行为优于黏性行为;应变大于12.0%时,G'出现很大程度的下降并进入屈服区;应变大于40.0%时,G''大于G',表明这时体系的状态保持在弹性流体并且弹性行为的优势消失,凝胶结构解体变溶胶。含

3%魔芋胶的大米粉体系在应变不大于5.0%时位于线性黏弹区;应变为5.0%~25.0%时,迈入屈服区,应变高于25.0%时,凝胶结构解体。含5%魔芋胶的大米粉样品在应变不高于15.0%时处在线性黏弹区,应变为15.0%~50.0%时,进入屈服区,应变大于50.0%时,凝胶结构被破坏。加入3%魔芋胶后,体系抵抗应力应变的能力减弱,5%魔芋胶的加入则提高了体系抵抗应力应变的能力。

由图2可知,高温85℃下,不同量魔芋胶对米粉体系黏弹性的影响与低温下一致。添加魔芋胶的米粉体系虽然凝胶强度变弱,但一直保持其凝胶结构(G'≥G'')。另外,高温下,储存模量和损耗模量都比低温下低,主要是由于米粉及魔芋胶都为冷凝胶,高温可弱化此凝胶体系。

相比于纯米粉样品,含3%魔芋胶的米粉体系G'和G''下降,而加5%魔芋胶的样品G'和G''增加,这可能是由于在这个浓度下,少量的魔芋胶在此体系中不能很好凝胶化,并可妨碍样品中的直链淀粉聚合生成凝胶网络,而较高含量的魔芋胶可以形成网络结构,与淀粉凝胶以共凝胶形式并存,从而增加体系的模量。

2.2 频率扫描曲线分析

25℃及85℃下,魔芋胶对米粉体系的频率扫描曲线的影响分析见图3和图4。

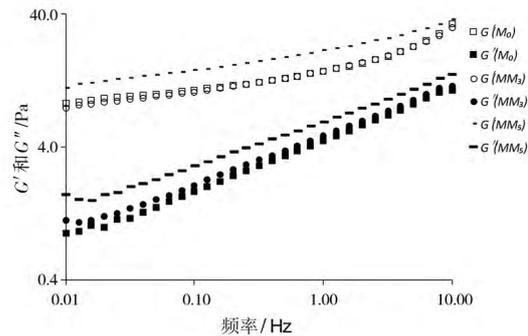


图3 25℃下纯米粉及含魔芋胶的米粉体系的频率扫描曲线

由图3可知,在25℃下,频率为0.01 Hz~10.00 Hz时,G''小于G',说明有分子链的交联作用。<sup>[11]</sup>3%魔芋胶几乎对体系模量无影响,5%魔芋胶对体系模量有提升效果。研究显示类固体行为的显著程度可以由模量和频率的关系lnG''-lnf或lnG'-lnf的曲线斜率看出。<sup>[12]</sup>随着曲线斜率的降低(越接近0),体系类固体行为越显

著。<sup>[12]</sup>由图4可见,加入3‰魔芋胶的样品  $\ln G'' - \ln f$  的曲线斜率无变化,而加入5‰魔芋胶的样品的曲线斜率有所降低,表明3‰魔芋胶对体系类固体行为变化无影响,而5‰魔芋胶增强了体系的类固体行为。

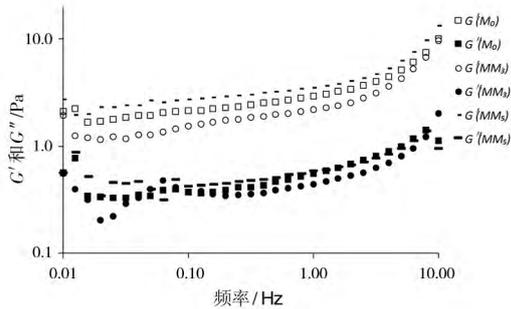


图4 85 °C下,纯米粉及含魔芋胶的米粉体系的频率扫描曲线

由图4可见,高温85 °C下,魔芋胶对米粉体系的影响作用与低温下一致。高温下,储存模量和损耗模量都比低温下低,主要是由于米粉及魔芋胶都为冷凝胶,高温对此凝胶体系有弱化作用。

### 2.3 温度扫描曲线分析

魔芋胶对大米粉体系的温度扫描测试曲线的影响分析见图5。

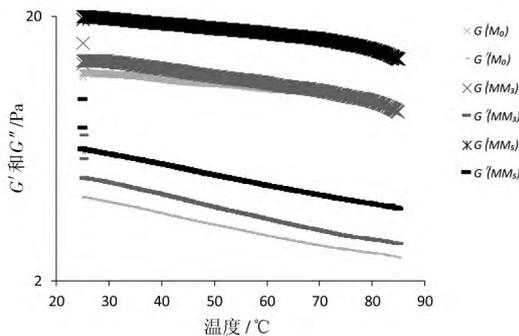


图5 纯米粉及含魔芋胶的米粉体系的温度扫描曲线

由图5可知,温度为25~85 °C时,所有样品的  $G''$  小于  $G'$ ,说明样品始终表现出类固体凝胶状态。<sup>[13]</sup>加入3‰魔芋胶的  $G'$  与纯米粉体系相比几乎没有变化,而添加5‰魔芋胶的  $G'$  与纯米粉体系相比显著增加,表明5‰魔芋胶可显著改善体系的凝胶性能。对纯米粉、含有3‰魔芋胶和含有5‰魔芋胶3种体系的  $G''$  分别对温度做线性拟合,斜率分别为-0.090、-0.077和-0.052,对原米粉、含有3‰魔芋胶和含有5‰魔芋胶3种体系的  $G'$  分别对温度做线性拟合,斜率分别为

-0.029、-0.038和-0.044,表明添加魔芋胶后体系抵抗温度变化的性能减弱,而且随魔芋胶含量增加抵抗温度变化的能力进一步减弱,这可能是由于魔芋胶的凝胶网络结构在高温作用下更容易解聚,由于其与淀粉是共凝胶网络,它的解聚也可破坏米粉体系的凝胶网络,所以使体系凝胶结构弱化的更显著。

### 2.4 剪切速率扫描曲线分析

魔芋胶对大米粉体系的流动特性曲线和黏度曲线的影响分析分别见图6和图7。

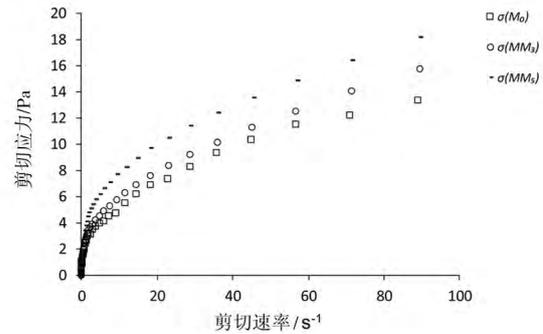


图6 纯米粉及含魔芋胶的米粉体系的剪切力—剪切速率曲线

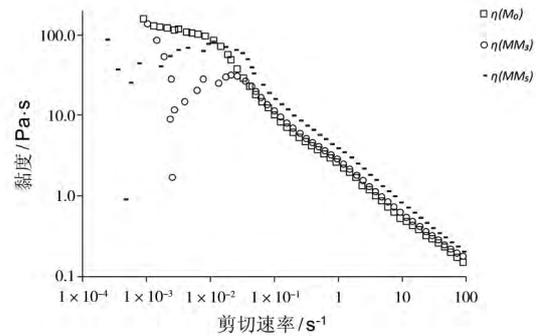


图7 纯米粉及含魔芋胶的米粉体系的黏度—剪切速率曲线

由图6可知纯米粉体系是假塑性流体,加入魔芋胶后样品曲线向牛顿流体曲线靠近,表明样品剪切稀化趋势减弱。

由图7可知在  $0.001 \sim 0.010 \text{ s}^{-1}$  的剪切速率下,样品的黏度处于波动态,围绕一定的黏度上下波动,这个区域是假塑性流体的第一牛顿区,在此区域内,剪切速率虽影响聚合物分子链运动,但在布朗运动作用下,分子链仍可变回无序状态,故黏度保持基本稳定。但随剪切速率的增加,所有样品的黏度都降低,表明体系呈剪切稀化趋势,这一区域为假塑区或剪切稀化区,此时剪切作用已超越布朗运动的范围,分子链定向、伸展并发生缠绕

的逐步解体,并且已不能恢复。在一定的剪切速率下,添加5‰魔芋胶的米粉体系黏度增加,表明5‰的魔芋胶对米粉体系有增稠作用。

### 3 结论

所有样品都呈现假塑性流体特性,加入魔芋胶后样品曲线向牛顿流体曲线靠近,体系抵抗剪切的能力有所增强。添加5‰的魔芋胶对米粉体系有增稠作用。25和85℃下,魔芋胶剂量对米粉体系黏弹性的影响一致。5‰魔芋胶的凝胶样品抵抗应变的能力增强、凝胶强度提高、体系的类固体行为增强。添加魔芋胶后体系抵抗温度变化的性能稍有减弱,随魔芋胶含量增加抵抗温度变化的能力进一步减弱。研究表明5‰魔芋胶可改善大米粉凝胶性能,改善米粉的食用品质。

#### 参考文献:

- [1] 代蕾,熊柳,孙庆杰. 复配粉理化性质与米线质构性质关系的研究[J]. 中国粮油学报, 2013, 28(1): 6-10.
- [2] YADAV B S, YADAV R B, KUMAR M. Suitability of pigeon pea and rice starches and their blends for noodle making [J]. LWT - Food Science and Technology, 2011, 44(6): 1415-1421.
- [3] 王黎,孙兆远,侯会绒,等. 增稠剂对速冻水饺冻痕率影响的研究[J]. 粮食与饲料工业, 2018(2): 25-28.
- [4] HOOVER R. Starch retrogradation [J]. Food Reviews

International, 1995, 11(2): 331-346.

- [5] 唐联坤. 淀粉糊化、老化特性与食品加工[J]. 陕西粮油科技, 1996, 21(3): 26-29.
- [6] YOSHIMURA M, TAKAYA T, NISHINARI K. Rheological studies on mixtures of corn starch and konjac - glucomannan [J]. Carbohydrate Polymers, 1998, 35(1/2): 71-79.
- [7] ZHOU Y, WINKWORTH - SMITH C G, WANG Y, et al. Effect of a small amount of sodium carbonate on konjac glucomannan - induced changes in thermal behavior of wheat starch [J]. Carbohydrate Polymers, 2014, 114: 357-364.
- [8] 张良,曹燕,钱建亚. 可食用多糖对米粉/玉米淀粉混合体系流变和凝胶性能的影响研究[J]. 美食研究, 2017, 34(3): 45-49.
- [9] 谢新华,李晓方,肖昕,等. 精米中蛋白质对淀粉黏滞性的影响[J]. 浙江农业科学, 2009(1): 132-134.
- [10] 孙曙光. 淀粉-脂类复合物对淀粉性质影响研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2013.
- [11] 蒋明峰. 魔芋葡甘聚糖-可得然胶流变学特性的研究[D]. 武汉: 湖北工业大学, 2016.
- [12] MATSUMOTO T, KAWAI M, MASUDAT T. Viscoelastic and SAXS investigation of fractal structure near the gel point in alginate aqueous systems [J]. Macromolecules, 1992, 25(20): 5430-5433.
- [13] CHEN H H. Rheological properties of HPMC enhanced Surimi analyzed by small - and large - strain tests: I. The effect of concentration and temperature on HPMC flow properties [J]. Food Hydrocolloids, 2007, 21(7): 1201-1208.

## Effect of konjac glucomannan on rheological properties of rice noodles

YUE Lina, PENG Yulu, CAO Yan, SUI Yilin, TAO Yunfei, GAO Mingyu, ZHANG Liang

(School of Food Science and Engineering, Yangzhou University, Yangzhou, Jiangsu 225127, China)

**Abstract:** Konjac glucomannan (KGM) was added into rice flour to improve the gel properties. The effect of KGM on the rheological properties of rice flour were investigated using a rheometer through strain scanning, frequency scanning, temperature scanning and large deformation shearing. All samples showed pseudoplastic properties and the shear - thinning trend weakened after addition of KGM. 5‰ of KGM thickened rice flour system. The KGM made no difference on the modulus of rice noodle system whether at 25 or 85℃. 5‰ of KGM enhanced the resistance to stress and strain, 5‰ KGM enhanced the solid - like behavior of the system while 3‰ had no effect. The ability of rice flour system to resist temperature weakened with the increase of the amount of KGM.

**Key words:** food science; rice noodles; konjac glucomannan (KGM); rheological property

(责任编辑:赵勇)