

不同条件对胖大海胶表观黏度的影响

皮鹤珍, 芮汉明, 张立彦

(华南理工大学轻工与食品学院, 广东广州 510640)

摘要: 以胖大海胶研究对象, 研究 pH、钙离子浓度、不同阳离子、蔗糖及其他胶体对胖大海胶黏度的影响。结果表明: pH 偏高或偏低、阳离子存在均使胶体溶液表观黏度下降; 随着蔗糖浓度增加, 溶液表观黏度逐渐增大; 胖大海胶与瓜尔豆胶复合后胶体溶液黏度大于原胶体的黏度, 而与黄原胶、海藻酸钠、琼脂复合则小于原胶体黏度。

关键词: 胖大海胶; 黏度; 剪切应力; 影响因素

文章编号: 1673-9078(2012)10-1327-1330

Factors Affecting Apparent Viscosity of Malve Nut Gum

PI He-zhen, RUI Han-ming, ZHANG Li-yan

(College of Light Industry and Food Sciences, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

Abstract: The influence of a number of parameters such as pH, Ca^{2+} concentration, different cation, sucrose and colloidal on viscosities of malve nut gum aqueous solution were studied. The result showed the increasing or decreasing of pH value, existing of cation decreased apparent viscosity of the original colloidal solution, while sucrose increased the viscosity. The viscosity of mixed malve nut gum and guar gum was higher than that of the original colloidal solution of xanthan gum and sodium alginate. The viscosity of the mixed solution of xanthan gum, sodium alginate and agar was lower than that of the original colloidal viscosity.

Key words: malve nut gum; viscosity; shear stress; influence factor

胖大海胶是一种存在于胖大海内皮层中的复合多糖, 是胖大海经浸泡后形成的强吸水性海绵胶团物质, 主要单糖组成为阿拉伯糖、半乳糖和鼠李糖, 分子结构非线性^[1]。通过碱提取法获得的胖大海胶为淡红色粉状物, 水溶液极其黏稠。研究表明溶液 pH、盐离子、蔗糖及其他胶体等对液体的流变性均有影响^[2]。本论文采用 RS 600 型流变仪, 考察不同因素 pH、不同金属离子、糖、盐等对胖大海胶的流变特性的影响, 以期对胖大海胶在食品工业中的应用提供理论依据。

1 材料与amp;方法

1.1 实验原料与仪器设备

胖大海胶, 实验室自制; 氢氧化钠、氯化钙、氯化钠、氯化钾、氯化镁、盐酸, 分析纯; 蔗糖、黄原胶、瓜尔豆胶、海藻酸钠、琼脂, 食品级

RS 600 (夹具 pp35Ti 平板) 流变仪, 德国 ThermoFisher Scientific 公司; PHS-3C 雷磁 pH 计, 上海精科仪器厂; 分析天平, 德国 Sartorius; x85-2 恒温磁力

收稿日期: 2012-06-18

作者简介: 皮鹤珍 (1989-), 女, 研究生, 主要研究方向为食品加工与保藏

通讯作者: 芮汉明 (1953-), 男, 副教授, 主要从事食品科学, 食品加工和保藏的研究; 张立彦 (1974-), 女, 副教授, 主要从事食品科学, 食品加工和保藏的研究

搅拌器, 上海梅颖浦仪器厂; 100~1000 μL 移液枪, 芬兰 Dragon

1.2 实验方法

1.2.1 胶体流变性测定参数及模式

采用 RS600 流变仪测定, 夹具 pp35Ti, 进样量 1 mL, 板间距离 1.000 mm, 剪切速率 0~300 s^{-1} , 选用 CR-Rotation Ramp 模式测定溶液的表观黏度随剪切速率变化的情况。

1.2.2 pH 对胖大海胶表观黏度的影响

准确称取胖大海胶, 配成浓度为 0.1% (m/V) 的胶溶液, 用 0.05 mol/L 的氢氧化钠或盐酸溶液调胶溶液 pH 分别至 3、5、6.5 (即胖大海胶自然溶解状态下 pH)、10 及 11.5。静置 24 h 后, 25 ± 0.5 $^{\circ}\text{C}$ 下测定胖大海胶溶液的表观黏度随剪切速率的变化情况。

1.2.3 钙离子浓度对胖大海胶表观黏度的影响

配制 0.1% (m/V) 的胖大海胶溶液, 分别加入 0.2 mol/L 氯化钙溶液 1、3、6、10 mL, 使钙离子在胶溶液中浓度分别为 0.004、0.012、0.024、0.04 mol/L, 静置 24 h 后, 25 ± 0.5 $^{\circ}\text{C}$ 下测定添加不同钙离子浓度的胖大海胶溶液的表观黏度随剪切速率的变化情况。

1.2.4 不同阳离子对胖大海胶表观黏度的影响

配制 0.1% (m/V) 的胖大海胶溶液, 分别加入 0.2 mol/L 氯化钙、氯化钾、氯化镁和氯化钠溶液 3 mL, 使

相应的钙、钾、镁和钠离子在胶溶液中浓度均为0.012 mol/L，静置24 h后，25±0.5 °C下测定不同阳离子的胖大海胶溶液的表观黏度随剪切速率的变化情况。

1.2.5 蔗糖浓度对胖大海胶表观黏度的影响

配制0.6% (m/V)的胖大海胶溶液，分别加入5%、10%、15%及20%的蔗糖使之溶解，静置24 h后，25±0.5 °C下测定不同蔗糖浓度的胖大海胶溶液的表观黏度随剪切速率的变化情况。

1.2.6 其他胶体对胖大海胶表观黏度的影响

分别按1:1的比例称取黄原胶、瓜尔豆胶、海藻酸钠、琼脂与胖大海胶（琼脂是在加热状态下溶解的），配制成0.6%的复合胶溶液，静置24 h后，25±0.5 °C下测定不同胶体对胖大海胶溶液的表观黏度随剪切速率的变化情况，并与相应的纯胶体溶液比较。

2 结果与讨论

2.1 pH对胖大海胶表观黏度的影响

胶体溶液不同 pH 值下，胖大海胶溶液的黏度随剪切速率的变化情况如图 1 所示。

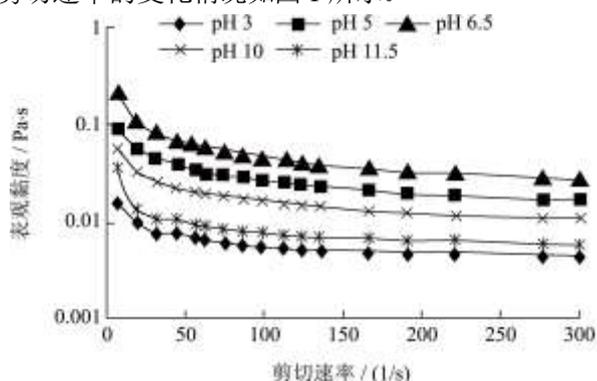


图1 pH对胖大海胶表观黏度的影响

Fig.1 Effect of pH on the viscosity of malve nut gum

由图1可知，pH对胖大海胶溶液的黏度具有显著影响。胖大海胶溶液在自然pH 6.5环境下对应的黏度最大，随着pH的下降或上升，即胶溶液在偏酸或偏碱条件下黏度都明显下降。观察不同pH的胶体溶液，pH为3的溶液出现明显沉淀，pH 5和11.5的胶体溶液出现轻微沉淀，而pH 6.5和10的溶液则无沉淀，这可能是由于胖大海胶属多糖类物质^[3]，分子链中含有醛糖酸，其溶液呈弱酸性。在自然溶解条件下，胖大海胶分子间、胖大海胶分子与水分子间相互纠缠，这种相互作用达到平衡，使胖大海胶分子能够稳定的分散在水中，形成较稳定的构象^[4,5]。当溶液的pH改变时，这种稳定的构象被破坏，从而导致胖大海胶溶液表观黏度的改变。胖大海胶在碱性环境中，一方面碱性环境使胖大海胶分子中的醛糖酸解离，且碱性越强解离程度越大，当pH大于11.5时，胖大海胶分子间相互排斥，羧酸根与分

子内的H形成氢键而卷曲，从而导致溶液黏度降低^[6]；另一方面，胖大海胶在一定的碱性条件下降解，降低胖大海分子量，从而导致溶液黏性降低。当溶液在酸性环境中时，胖大海胶分子中醛糖酸的解离被抑制，溶液中水分子处于离子状态，胖大海胶分子聚集，形成氢键而收缩，从而形成沉淀，且酸性越强，沉淀越严重。

2.2 钙离子浓度对胖大海胶表观黏度的影响

添加不同钙离子浓度的胖大海胶溶液黏度随剪切速率的变化情况如图 2 所示。

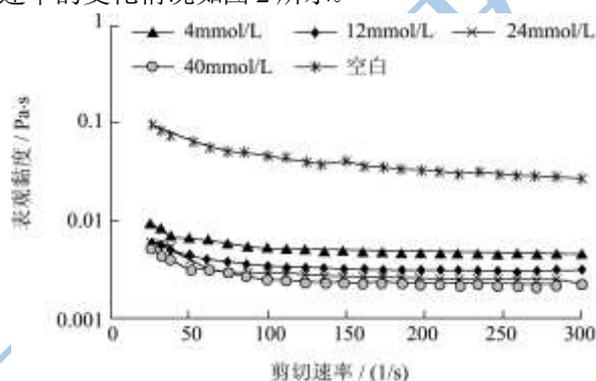


图2 钙离子浓度对胖大海胶表观黏度的影响

Fig.2 Effect of Ca²⁺ concentration on the viscosity of malve nut gum

由图2可知，胖大海胶溶液的黏度随钙离子浓度的增大而减小，且均远小于没有添加钙离子的胶体溶液的黏度值。这与果胶的流变学性质^[9,10]完全相反，这可能是由于胖大海胶分子与钙离子结合发生预凝胶现象^[9,11]，小团聚集而形成沉淀，这也与加入氯化钙的胖大海胶溶液分层，表层为无黏性的水溶液，底层为小颗粒状沉淀，而未加入氯化钙的胖大海胶溶液均一稳定的观察结果一致。

2.3 不同阳离子对胖大海胶表观黏度的影响

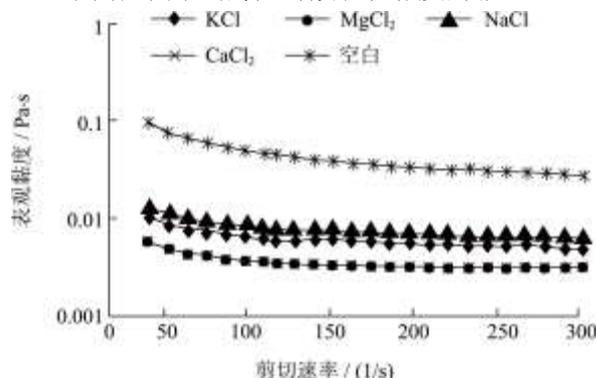


图3 不同阳离子对胖大海胶表观黏度的影响

Fig.3 Effect of different cation on the viscosity of malve nut gum

图 3 为不同阳离子对胖大海胶溶液表观黏度的影响，结果表明相同离子浓度钙离子和镁离子对胖大海胶溶液黏度的影响基本一致，大于一价钠离子和钾离

子的作用，而相同浓度的钾离子作用稍大于钠离子。这可能是由于钙离子和镁离子都是二价离子，相同浓度下其离子强度 2 倍于钠离子和钾离子，对胖大海胶溶液的作用也就大于钾离子和钠离子，而又由于不同离子自身粒径的不同，导致其各自对胶体溶液的作用也就不同^[11,12]。以上两因素相互作用，导致不同阳离子对胖大海胶溶液表观黏度的作用不同。

2.4 蔗糖对胖大海胶表观黏度的影响

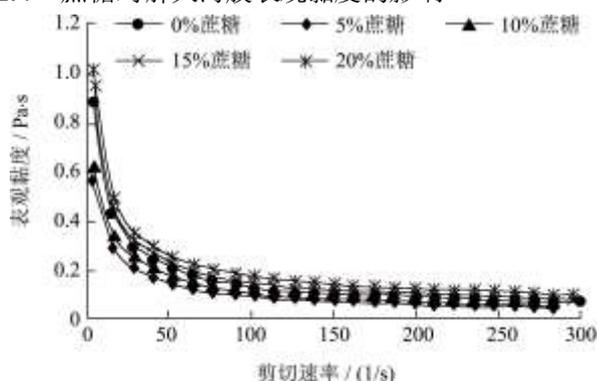


图4 蔗糖浓度对胖大海胶表观黏度的影响

Fig.4 Effect of sucrose concentration on the viscosity of malve nut gum

图 4 为不同蔗糖浓度对胖大海胶溶液的影响，结果表明蔗糖的加入能增大胖大海胶溶液的黏度，且蔗糖加入量越大对黏度的贡献越大，但是总体影响并不是很明显。

2.5 其他胶体对胖大海胶表观黏度的影响

图 5 为胖大海胶与不同胶体按 1:1 复合后的溶液黏度与纯胖大海胶溶液、纯胶体溶液的黏度曲线。图 5a 表明复配后的胖大海+瓜尔豆胶的黏度>胖大海胶溶液黏度>瓜尔豆胶黏度；图 5b：胖大海胶黏度>胖大海胶海藻酸钠复合胶黏度>海藻酸钠黏度；图 5c：胖大海胶黏度>胖大海胶黄原胶复合溶液黏度>黄原胶黏度；图 5d：胖大海胶黏度>胖大海胶琼脂复合胶黏度>琼脂黏度。上述实验表明：胖大海胶和瓜尔豆胶复合对黏度具有增效作用，而与海藻酸钠、黄原胶、琼脂复合后的胶体表观黏度低于胖大海胶黏度，但比相同浓度的海藻酸钠、黄原胶、琼脂要高。这可能是由两方面的原因造成：一方面胖大海胶是高黏度胶体，与其他胶体复配后表观黏度大于复配前相应的胶体黏度；另一方面可能由于不同胶体分子结构和性质不同，与胖大海胶分子之间发生的交互作用也不同，这就表现出复配后产生的效果不一^[13,14]。

由于瓜尔豆胶属于非离子型胶体，胶体溶液 pH 在 5.4~7.0 之间，这与胖大海胶溶液在自然溶解状态下的 pH 值 6.5 相近，不会影响胖大海胶的稳定性性质，两种胶体分子在溶液中能够充分舒展开，分子链之间相

互交联，使复配后的胖大海胶+瓜尔豆胶溶液的表观黏度大于单独的胶体黏度。

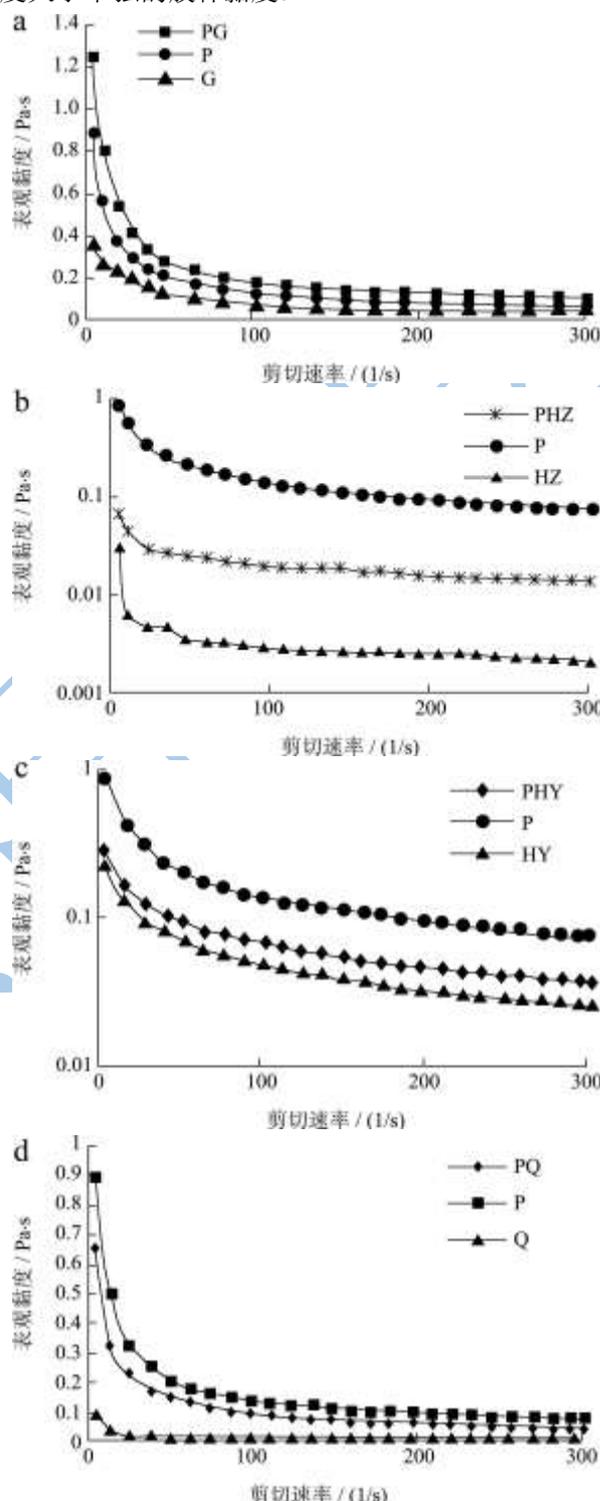


图5 胶体对胖大海胶表观黏度的影响

Fig.5 Effect of colloidal on the viscosity of malve nut gum

注：图中 P、G、HZ、HY、Q 分别代表胖大海胶、瓜尔豆胶、海藻酸钠、黄原胶和琼脂，PG、PHZ、PHY 和 PQ 分别代表胖大海胶和瓜尔豆胶、海藻酸钠、黄原胶、琼脂 1:1 的复合溶液，且总浓度均为 0.6%。

黄原胶多以钾、钠和钙盐等混合形式存在，在溶

液中离子解离,与胖大海胶复合时,这些解离出的离子会抑制胖大海胶分子的舒展及相互作用,导致胖大海胶与黄原胶复合后胶体溶液表观黏度明显小于胖大海胶,而略大于黄原胶。海藻酸钠属于离子型胶体,在溶液中会自然解离,且海藻酸本身解离能力较强,这同样导致胖大海胶与海藻酸钠复配胶体的表观黏度小于胖大海胶。琼脂属于中性糖,在水溶液中不解离,胖大海胶在此环境中较稳定,琼脂和胖大海胶分子在此环境中能够充分舒展,故胖大海胶与琼脂的复合胶体溶液表观黏度略低于胖大海胶而远远高于琼脂的黏度。

3 结论

实验结果表明: pH和离子作用对胖大海胶溶液都在一定程度上破坏了溶液原有稳定性,使胶体溶液表观黏度低于原胶体溶液的黏度;酸性或碱性越强,胖大海胶溶液的表观黏度越小,沉淀越明显。溶液中钙离子浓度越高,胖大海胶的表观黏度越小;不同阳离子作用中,二价阳离子对胖大海胶溶液表观黏度的影响大于一价离子。蔗糖对胖大海胶溶液的表观黏度略有增大作用;胖大海胶与瓜尔豆胶、琼脂复合后对胶体溶液的表观黏度具有增效作用,而与黄原胶、海藻酸钠复合后的表观黏度无明显增效作用,复合后胶体溶液表观黏度小于同浓度胖大海胶溶液的表观黏度,大于黄原胶和海藻酸钠溶液的表观黏度。

参考文献

- [1] Somboonpanyakul P, Wang Q, Cui W, et al. Malva nut gum. (Part I): Extraction and physicochemical characterization [J]. Carbohydrate Polymers, 2006, 64(2): 247-253
- [2] 宁海凤,童群义.豆腐柴叶果胶的流变学性质研究[J].食品科技,2011,36(6):88-91
- [3] 陈建民,李文魁,刘惠灵,等.胖大海化学成分的研究[J].中药材,1995,18(11):567-570
- [4] Somboonpanyakul P, Barbut S, Jantawat P, et al. Textural and sensory quality of poultry meat batter containing malva nut gum, salt and phosphate [J]. LWT-Food Science and Technology, 2007, 40(3): 498-505
- [5] Pagan J, Ibarz A. Extraction and rheological properties of pectin from fresh peach pomace [J]. Journal of Food Engineering, 1999, 39(2):193-201
- [6] 张锐,曾冬云,龚兴国,等.羊栖菜褐藻糖胶的分离纯化及性质研究[J].中国食品学报,2006,6(5):22-27
- [7] 刘刚,雷激,芮光伟,等.低甲氧基果胶流体质构特性研究[J].食品工业科技,2011,32(1):253-255
- [8] 徐伟,马力,袁永俊,等.低甲氧基果胶的胶凝机理及防止预凝胶形成的措施[J].食品与发酵工业,2004,30(3):90-93
- [9] Srichamroen A, Chavasit V. Rheological properties of extracted malva nut gum (*Scaphium scaphigerum*) in different conditions of solvent [J]. Food Hydrocolloids, 2011, 25(3): 444-450
- [10] Evageliou V, Richardson R K, Morris E R. Effect of pH, sugar type and thermal annealing on high-methoxy pectin gels [J]. Carbohydrate Polymers, 2000, 42(3): 245-249
- [11] 张兆琴,梁瑞红,刘伟,等.橙皮果胶流变学性质的影响因素[J].食品研究与开发,2010,31(1):31-35
- [12] Martínez-Ruvalcaba A, Chornet E, Rodrigue D. Dynamic rheological properties of concentrated chitosan solutions [J]. Applied Rheology, 2004, 14(3), 140-147
- [13] Lin H Y, Tsai J C, Lai L S. Effect of salts on the rheology of hydrocolloids from mulberry (*Morus alba* L.) leaves in concentrated domain [J]. Food Hydrocolloids, 2009, 23(8): 2331-2338
- [14] Lin H, Zhou J, Yingde C, Gunasekaran S. Synthesis and characterization of pH- and salt-responsive hydrogels based on etherificated sodium alginate [J]. Journal of Applied Polymer Science, 2010, 115, 3161-3167