

影响沙蒿籽胶表观黏度的因素

杨续金, 刘 阳, 范贵生*, 贾 红

(内蒙古农业大学食品科学与工程学院, 内蒙古 呼和浩特 010018)

摘 要: 利用响应面法和控制变量法分析沙蒿籽胶溶液表观黏度受温度、溶液体积分数、pH值和盐离子的影响变化, 同时研究了添加不同比例增稠剂海藻酸钠、魔芋胶、羧甲基纤维素(carboxyl methyl cellulose, CMC)和卡拉胶对沙蒿籽胶溶液表观黏度的影响。结果表明: 温度对沙蒿籽胶表观黏度影响不大; 随溶液体积分数的增加沙蒿籽胶溶液的表观黏度增加; pH值在3.0~9.0时, 沙蒿籽胶溶液表观黏度随pH值的上升而增大; 加入盐会使沙蒿籽胶黏度有不同程度的下降, 不同阳离子对其黏度影响的强弱为 $\text{Fe}^{3+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^{+}$; 沙蒿籽胶与CMC复配后, 具有黏度增强的效果。

关键词: 沙蒿籽胶; 表观黏度; 影响因素

Factors Influencing the Apparent Viscosity of *Artemis sphaerocephala* Krasch Gum

YANG Xujin, LIU Yang, FAN Guisheng*, JIA Hong

(College of Food Science and Engineering, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010018, China)

Abstract: This study was conducted to investigate factors affecting the apparent viscosity of *Artemis sphaerocephala* Krasch seed gum, including temperature, gum concentration, pH and salt ions. Meanwhile, the effect of addition of different amounts and types of thickener, including sodium alginate, konjac gum, carboxyl methyl cellulose (CMC) and carrageenan, on the viscosity of *Artemis sphaerocephala* Krasch seed gum was also examined. The results showed that the apparent viscosity of the gum slightly changed with increasing temperature. An increase in the apparent viscosity was observed with increasing concentration as well as pH from 3.0 to 9.0. The apparent viscosity of *Artemis sphaerocephala* Krasch gum was decreased by adding salts to different extents, in the descending order of $\text{Fe}^{3+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^{+}$. The addition of CMC increased the viscosity of the gum solution.

Key words: *Artemis sphaerocephala* Krasch gum; viscosity; influencing factors

中图分类号: TS201.7

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2015)17-0114-04

doi:10.7506/spkx1002-6630-201517022

沙蒿在我国西北和华北的荒漠、半荒漠地区大量分布, 在内蒙古的腾格里沙漠、巴丹吉林沙漠和毛乌素沙漠其资源丰富、种类繁多^[1-2]。籽蒿(*Artemis sphaerocephala* Krasch)又叫白沙蒿, 经工艺提取得到沙蒿籽胶^[3]。沙蒿籽胶是一种安全性高的食用胶体, 小鼠经口的毒理实验中半数致死量(median lethal dose, LD_{50}) $> 10 \text{ g/kg}$, 微核实验、精子畸变实验及污染物致突变性检测均呈阴性^[4], 安全无毒。2009年沙蒿胶作为食品增稠剂被列入我国食品安全国家标准(GB 2760—2011《食品添加剂使用标准》), 其在食用小麦粉、杂粮制品、方便面制品、西式火腿等的应用有明确的使用标准^[5]。此外, 沙蒿籽胶具有高吸水性和高黏性, 我国民间有食用沙蒿籽或用其做面食以改善面粉粉质、防止面条糊汤和断条的习惯。不同的应用条件下沙蒿籽胶表现出不同的黏性

特性^[6-10]。本实验主要研究沙蒿籽胶溶液体积分数、温度、pH值、盐离子对沙蒿籽胶溶液表观黏度的影响, 以及其与不同增稠剂复配后黏度的变化情况, 为沙蒿籽胶在食品添加剂领域的应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

沙蒿籽胶、海藻酸钠 青岛明月海藻集团有限公司; 魔芋胶 湖北强森魔芋科技有限公司; 羧甲基纤维素(carboxyl methyl cellulose, CMC) 威怡化工(苏州)有限公司; 卡拉胶 上海北连生物科技有限公司; 可得然胶 山东科技生物科技股份有限公司; 丙酸钠 泰州市荣昌食品添加剂有限公司; 双乙酸钠 山西三维

收稿日期: 2014-11-24

作者简介: 杨续金(1975—), 男, 讲师, 硕士, 研究方向为农产品加工。E-mail: eter88@163.com

*通信作者: 范贵生(1957—), 男, 教授, 博士, 研究方向为干酪加工及干酪流变学。E-mail: 470903648@qq.com

欧美科化学有限公司; 柠檬酸钠 潍坊英轩实业有限公司; 柠檬酸铁、 MgCl_2 上海鹤善实业有限公司; CaCl_2 廊坊亚太龙兴化工有限公司; NaCl 市售。以上试剂均为食品级。

1.2 仪器与设备

LVDVE230 E5973黏度计 美国Brookfield公司; PHSJ-3F精密酸度计 上海仪电科学仪器有限公司; RW20搅拌器 德国IKA公司。

1.3 方法

1.3.1 沙蒿籽胶溶液的制备

分别配制体积分数0.25%、0.50%、0.75%、1.00%的沙蒿籽胶溶液,并在室温23℃条件下用LVDVE230黏度计分别测其黏度。

1.3.2 不同温度对沙蒿籽胶溶液黏度的影响

在食用胶通常的应用范围内设定10、25、40、55、70、85℃温度梯度,分别测定体积分数为0.25%、0.50%、0.75%、1.00%沙蒿籽胶溶液对应的黏度。用LVDVE230黏度计,选用4号转子。

1.3.3 不同pH值对沙蒿籽胶溶液黏度的影响

取体积分数为1.00%的沙蒿籽胶溶液,分别用浓HCl (16 mol/L) 和浓NaOH溶液 (5 mol/L) 调节pH值为3.0~10.0,用LVDVE230黏度计,选用4号转子,在室温23℃条件下分别测其黏度。

1.3.4 不同种类的盐对沙蒿籽胶溶液黏度的影响

将质量分数为0.25%、0.50%、0.75%、1.00%的NaCl、双乙酸钠、柠檬酸钠、柠檬酸铁、 MgCl_2 、 CaCl_2 和丙酸钙分别加入体积分数为0.50%和1.00%的沙蒿籽胶溶液中,搅拌均匀,用LVDVE230黏度计,选用4号转子,在室温23℃条件下分别测混合液的黏度。

1.3.5 不同增稠剂对沙蒿籽胶溶液黏度的影响

取增稠剂海藻酸钠、魔芋胶、CMC、卡拉胶分别与水混合并搅拌均匀,配制成体积分数均为1.00%的4种溶液。与体积分数为1.00%的沙蒿籽胶溶液按1:1、1:2、1:3、2:1、2:3和3:1的体积比分别进行复配^[11],搅拌均匀,用LVDVE230黏度计,选用4号转子,分别测复配液的黏度。

2 结果与分析

2.1 体积分数、温度对沙蒿籽胶溶液黏度的影响

利用响应面法对不同沙蒿籽胶体积分数和温度的变化对沙蒿籽胶溶液黏度的影响进行处理分析,结果见图1。在同一温度下,随着沙蒿籽胶体积分数的增加其溶液的表现黏度逐渐升高。这是由于沙蒿籽胶溶液体积分数的增加使分子间的氢键力增大,流体流动的阻力增加,溶液的黏度会有所增大^[12]。沙蒿籽胶的黏度受其自身体积分数的影响因子显著,成正相关。

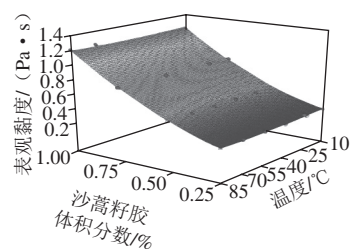


图1 不同体积分数和温度对沙蒿籽胶溶液黏度的影响

Fig.1 Effects of different concentrations and temperatures on the viscosity of *Artemis sphaerocephala* Krasch gum solution

由图1可知,随着温度的升高沙蒿籽胶溶液的表现黏度稍有变化,但其增减幅度不超过4.7%。说明沙蒿籽胶溶液的黏度在10~85℃范围内对温度变化不敏感。可能的解释为随着温度的上升,沙蒿籽胶稳定的高分子复合团聚体的分子布朗运动也有所增加但不明显,沙蒿籽胶溶液黏度有所下降^[12]。可见沙蒿籽胶分子所形成的高分子刚性的复合团聚体相当稳定,受温度影响不大。

2.2 不同pH值对沙蒿籽胶溶液黏度的影响

体积分数为1.00%的沙蒿籽胶溶液在室温23℃条件下的pH值为7.22,呈中性。在pH值在3.0~10.0范围内,其黏度与pH值的关系如图2所示,沙蒿籽胶溶液在pH值3.0~9.0时,随pH值的增加其黏度增加;而在pH值为9.0~10.0时,随pH值的增加其黏度减小。沙蒿籽胶是具有复杂结构的多糖,由此推测,在酸性条件下发生酸性水解,分子间的作用力发生变化引起分子构象改变,而影响其黏度^[13]。

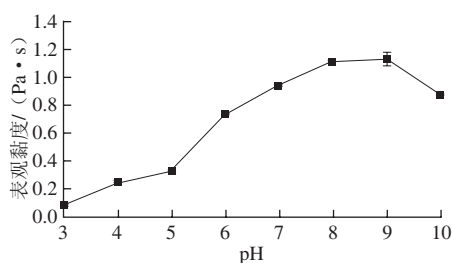


图2 不同pH值对1.00%沙蒿籽胶溶液黏度的影响

Fig.2 Effect of different pH values on the viscosity of 1.00% *Artemis sphaerocephala* Krasch gum solution

2.3 不同种类盐离子及其质量分数对沙蒿籽胶溶液黏度的影响

在室温下,体积分数为0.50%的沙蒿籽胶溶液的黏度为0.420 Pa·s,体积分数为1.00%的沙蒿籽胶的黏度为1.242 Pa·s,向0.50%沙蒿籽胶溶液中加入不同种类和不同质量分数的盐均会使沙蒿籽胶溶液黏度下降,结果见图3。

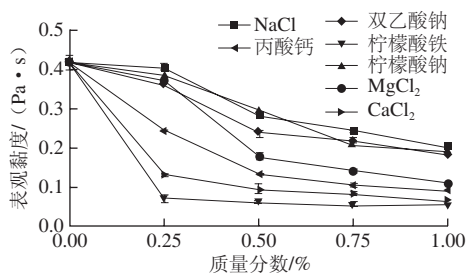


图3 不同的盐离子对体积分数为0.50%沙蒿籽胶溶液黏度的影响

Fig.3 Effect of different salts on the viscosity of 0.50% *Artemis sphaerocephala* Krasch gum solution

由图3可知,柠檬酸铁对沙蒿籽胶溶液表观黏度的影响最为明显,盐的种类影响的显著性由强及弱顺序为柠檬酸铁、 CaCl_2 、丙酸钙、 MgCl_2 、双乙酸钠、柠檬酸钠、 NaCl 。当沙蒿籽胶体积分数为1.00%时,加入的盐对其表观黏度的影响规律与0.50%沙蒿籽胶溶液类似(图4)。

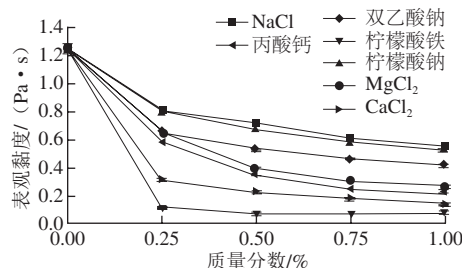


图4 不同的盐离子对体积分数为1.00%沙蒿籽胶溶液黏度的影响

Fig.4 Effect of different salts on the viscosity of 1.00% *Artemis sphaerocephala* Krasch gum solution

由图3、4可知,钠盐(NaCl 、双乙酸钠、柠檬酸钠)对沙蒿籽胶溶液表观黏度的影响不大。阳离子化合价越高,沙蒿籽胶溶液表观黏度越低;同一种盐质量分数越高时,沙蒿籽胶溶液的表观黏度下降越大。

根据沙蒿籽胶内部分子的结合力和胶分子空间构象的特点,其复杂的网络结构可将水分包裹起来,具有一定的保水性和溶胀能力,加入盐均会使其网络结构遭到破坏,被包裹的水分离出,溶胀能力下降从而黏度降低^[14-18]。研究的这几种盐中,不同阳离子盐对其表观黏度影响的强弱顺序为: $\text{Fe}^{3+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^{+}$ 。

2.4 不同增稠剂与沙蒿籽胶复配后对其表观黏度的影响

2.4.1 海藻酸钠与沙蒿籽胶复配

室温下1.00%沙蒿籽胶溶液的表观黏度为 $1.242 \text{ Pa} \cdot \text{s}$, 1.00%海藻酸钠溶液的表观黏度为 $0.502 \text{ Pa} \cdot \text{s}$,前者明显高于后者。海藻酸钠与沙蒿籽胶两者按1.3.5节的方法复配后,混合液的黏度变化如图5所示。结果表明,海藻酸钠为天然高分子多糖,易降解^[19-20],加入海藻酸钠形成的复配液,其表观黏度没有增强效果。

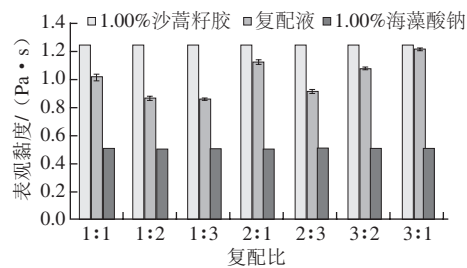


图5 1.00%沙蒿籽胶溶液和1.00%海藻酸钠溶液按不同比例复配后其表观黏度的变化

Fig.5 Effect of addition of different amounts of 1.00% sodium alginate solution on the viscosity of 1.00% *Artemis sphaerocephala* Krasch gum solution

2.4.2 魔芋胶与沙蒿籽胶复配

室温下1.00%沙蒿籽胶溶液的表观黏度为 $1.242 \text{ Pa} \cdot \text{s}$, 1.00%魔芋胶的表观黏度为 $3.021 \text{ Pa} \cdot \text{s}$,后者明显高于前者。魔芋胶与沙蒿籽胶两者按1.3.5节的方法复配后形成的7种混合液的黏度变化如图6所示。

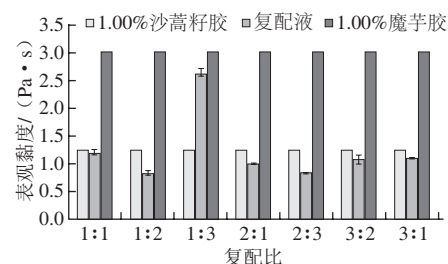


图6 1.00%沙蒿籽胶溶液和1.00%魔芋胶溶液按不同比例复配后其表观黏度的变化

Fig.6 Effect of addition of different amounts of 1.00% konjac gum solution on the viscosity of 1.00% *Artemis sphaerocephala* Krasch gum solution

由图6可知,魔芋胶具有特殊的凝胶性,在一定条件下可以形成热不稳定凝胶和热稳定凝胶^[21],该组混合液复配比为1:3时的表观黏度明显高于1.00%沙蒿籽胶的,其值为 $2.676 \text{ Pa} \cdot \text{s}$,低于单独1.00%魔芋胶的表观黏度,通过添加魔芋胶可增强沙蒿籽胶的表观黏度。

2.4.3 CMC与沙蒿籽胶复配

室温下1.00%沙蒿籽胶溶液的表观黏度为 $1.242 \text{ Pa} \cdot \text{s}$, 1.00% CMC的黏度为 $1.373 \text{ Pa} \cdot \text{s}$,沙蒿籽胶与CMC按1.3.5节所述方法配制的7种混合液的黏度变化如图7所示。1.00%沙蒿籽胶溶液与1.00% CMC的体积之比为1:1、1:2、1:3时复配液的表观黏度均比两者任何一种都高,有黏度增强效果。CMC是一种分散剂,能够使添加的沙蒿籽胶的微粒充分分散,形成一个稳定的胶体分散体系,从而获得良好的黏度增强效果^[22]。CMC还具有一定的乳化作用,当与沙蒿籽胶溶液混合形成复配液时,使复配液在体系中充分分散得到数量较多的能产生氢键力的羟基($-\text{OH}$),通过氢键力,胶黏剂与被黏物紧密黏合在一起^[23-24]。

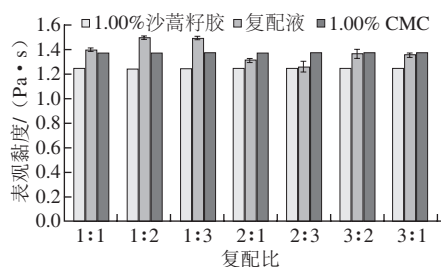


图7 1.00%沙蒿籽胶溶液和1.00% CMC溶液按不同比例复配后其表观黏度的变化

Fig.7 Effect of addition of different amounts of 1.00% CMC solution on the viscosity of 1.00% *Artemis sphaerocephala* Krasch gum solution

2.4.4 卡拉胶与沙蒿籽胶复配

室温下1.00%沙蒿籽胶溶液的表观黏度为1.242 Pa·s, 1.00%卡拉胶的黏度为0.736 Pa·s, 卡拉胶溶液的表观黏度小于沙蒿籽胶溶液。沙蒿籽胶与卡拉胶按1.3.5节所述方法配制的7种混合液的黏度变化如图8所示。复配后混合液的表观黏度均低于单一沙蒿籽胶或单一卡拉胶的黏度, 无增强的效果。聚合物溶液的溶解性可以用混合自由能 (ΔG_{mix}) 来解释^[25]: 沙蒿籽胶、卡拉胶的分子大, 混合后增加的熵值较小, 不足以越过焓分布, 所以其复配液的 ΔG_{mix} 为正值, 黏度无增强效果。

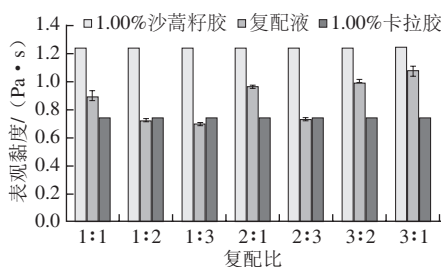


图8 1.00%沙蒿籽胶溶液和1.00%卡拉胶溶液按不同比例复配后其表观黏度的变化

Fig.8 Effect of addition of different amounts of 1.00% carrageenan solution on the viscosity of 1.00% *Artemis sphaerocephala* Krasch gum solution

3 结论

研究表明, 沙蒿籽胶的热稳定较好, 在10~85℃的范围内其表观黏度的变化幅度小于4.7%; 沙蒿籽胶溶液的表观黏度随其体积分数的增加而迅速增大; pH值在3.0~9.0时, 沙蒿籽胶溶液表观黏度随pH值的下降而降低; 此外, 加入盐均会使沙蒿籽胶表观黏度下降, 同一种盐质量分数越高, 沙蒿籽胶溶液的表观黏度下降得越大; 不同阳离子的盐对其黏度影响的强弱为 $\text{Fe}^{3+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^{+}$; 1.00%沙蒿籽胶溶液与1.00% CMC按体积比为1:1、1:2、1:3复配后有增强表观黏度的效果。

参考文献:

- [1] 吴建. 野生植物白沙蒿种籽的应用基础研究[D]. 兰州: 西北师范大学, 2005: 1-6.
- [2] 李恩菊. 巴丹吉林沙漠与腾格里沙漠沉积物特征对比研究[D]. 西安: 陕西师范大学, 2011: 3-8.
- [3] 马骥, 李俊祯, 孔红. 我国沙区6种蒿属植物的种子微形态特征[J]. 中国沙漠, 2002, 22(6): 1-5.
- [4] 胡国华. 食品胶的功能性及其选择[C]//第八届中国国际食品添加剂和配料展览会暨第十一届全国食品添加剂生产应用技术展示会学术论文集. 上海: 中国食品添加剂生产应用工业协会, 2004: 109-115.
- [5] 中华人民共和国卫生部. GB 2760—2011食品添加剂使用标准[S]. 北京: 中国标准出版社, 2011.
- [6] 杨玉民, 王大为. 高纤维玉米挂面生产技术[J]. 食品科学, 2010, 31(20): 509-512.
- [7] 郝毓倩. 白沙蒿子胶多糖的性质、结构和免疫活性研究[D]. 西安: 西北大学, 2009: 37-42.
- [8] 宋宏新, 陈合. 食用沙蒿籽胶流变学特性研究[J]. 食品科学, 2002, 23(9): 53-55.
- [9] 刘敦华, 谷文英. 沙蒿籽胶的流变学性质研究[J]. 食品科学, 2006, 27(2): 76-80.
- [10] 刘敦华. 沙蒿籽胶性质、结构及其应用的研究[D]. 无锡: 江南大学, 2006: 57-71.
- [11] ALBERTSSON P A. Partition of cell particles and macromolecules[M]. New York: Wiley and Son, 1986: 30-45.
- [12] 胡国华. 功能性食品胶[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004: 136-144.
- [13] 何曼君, 陈维孝, 董西侠. 高分子物理[M]. 上海: 复旦大学出版社, 2000: 20-25.
- [14] CHIOTELLI E, PILOSIO G, MESTE M L. Effect of sodium chloride on the gelatinization of starch: a multimeasurement study[J]. Biopolymers, 2002, 62: 41-58.
- [15] 张继. 沙蒿多糖的提取、纯化工业研究[J]. 食品科学, 2007, 28(5): 125-127.
- [16] 陈贻芳. 不同盐对马铃薯淀粉特性影响的研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2012: 7-13.
- [17] ZHANG Ji, WU Jian, LIANG Junyu, et al. Chemical characterization of *Artemisia* seed polysaccharide[J]. Carbohydrate Polymers, 2007, 67: 213-218.
- [18] 耿树香, 王丽. 沙蒿胶特性运用研究[J]. 云南农业大学学报, 2006, 21(5): 698-670.
- [19] 陈昀, 赵谋明, 孙哲浩. 蛋白质与多糖类交互作用研究进展[J]. 食品科学, 2001, 22(4): 90-93.
- [20] KOICHI A, WANG Bo, CHEN Jingyuan, et al. Diffusion coefficients in viscous sodium alginate solutions[J]. Electrochimica Acta, 2012, 83: 348-353.
- [21] 王元兰. 低浓度魔芋胶溶液的流变学特性及其影响因素研究[C]//中国化学会、中国力学学会第九届全国流变学学术会议. 长沙: 中国化学会、中国力学学会流变学专业委员会, 2008: 168-172.
- [22] HASHEMIPOUR H, KERMANSHAH H, GOLIAN A, et al. Effects of carboxy methyl cellulose and thymol + carvacrol on performance, digesta viscosity and some blood metabolites of broilers[J]. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 2014, 98(4): 672-679.
- [23] 代永上. 羧甲基纤维素(CMC)复配淀粉胶黏剂的研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2012: 14-23.
- [24] PRAJAPATI V D, MAHERIYA P M, JANI G K, et al. Carrageenan: a natural seaweed polysaccharide and its applications[J]. Carbohydrate Polymers, 2014, 105(5): 97-112.
- [25] 刘芳, 赵谋明, 彭志英. 卡拉胶与其它多糖类协同作用机理的研究进展[J]. 食品科学, 2000, 21(1): 8-11.