

芥蓝胶功能特性的研究

Study on functional properties of *Camelina sativa* gum

李泽珍¹ 陈敏²

LI Ze-zhen¹ CHEN Min²

(1.山西农业大学食品科学与工程学院,山西 太谷 030801;2.中国农业大学食品科学与营养工程学院,北京 100083)

(1. College of Food Science & Engineering, Shanxi Agricultural University, Taigu, Shanxi 030801, China;

2. College of Food Science & Nutritional Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

摘要:研究芥蓝胶的黏度、起泡性、乳化性和复配性,并与几种常用的食品胶作比较。结果表明:低浓度的芥蓝胶即表现出很高的黏度值,浓度增加,其起泡能力和泡沫稳定性以及乳化稳定性增加,乳化性则随浓度增加先升高后下降。芥蓝胶与黄原胶和瓜尔胶复配增稠最佳质量比为芥蓝胶:黄原胶=5:5,芥蓝胶:瓜尔胶=9:1。通过复配,芥蓝胶耐剪切性得以提高,性能良好。

关键词:芥蓝胶;起泡性;乳化性;复配性

Abstract: The viscosity, foaming properties, emulsifying capability and synergetic action of *Camelina sativa* gum were studied by comparison to other gums. The results showed *Camelina sativa* gum solution in low concentration exhibited high apparent viscosity and good emulsifying and foaming properties. The viscosity of the compound gum increased sharply and the optimum ratio was 5:5 of *Camelina sativa* gum to xanthan gum, and 9:1 of *Camelina sativa* gum to guar gum. *Camelina sativa* gum improved the shear resistance and it could be well co-operated with other gums. Meanwhile, the additive *Camelina sativa* gum had good properties.

Keywords: *Camelina sativa* gum; foaming properties; emulsifying capability; synergistic effect

芥蓝是油料作物之一,属于十字花科,亚麻芥属^[1]。芥蓝籽表皮附着植物多糖胶质^[2],可用来提取芥蓝胶,其含量高达芥蓝籽皮质量的 25% 以上^[3]。芥蓝胶中含有大量的植物多糖,吸水溶胀效果明显,加水溶解成粘稠的液体,可做植物源食品胶使用。近年来,关于芥蓝的生物学特性^[1,4]、栽培特性^[2,5]、种籽成分^[2]、油脂^[6]、饼粕^[7-8]、芥蓝胶^[3,9]的研究较多。芥蓝胶是非牛顿流体,具有弱凝胶性^[9],但作为一种新型植物胶,其起泡性、乳化性和复配性,国内外至今未见相

关报导。

本研究拟将几种常用食品胶与芥蓝胶的黏度、乳化性、发泡性进行比较,并考察芥蓝胶的复配性,以期为其推广应用用于食品加工提供一定的理论依据。

1 材料与方 法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料与试剂

芥蓝胶:自制;

黄原胶:食品级,山东淄博中轩生物制品公司;

瓜尔胶:食品级,产于印度,广州同利物资贸易有限公司;

亚麻胶:食品级,郑州海特食品添加剂有限公司;

明胶:食品级,北京奥博星生物技术责任有限公司;

他拉胶:食品级,上海耐因实业有限公司;

阿拉伯胶:食品级,美国 Sigma 公司;

十二烷基硫酸钠:分析纯,美国 Sigma 公司;

金龙鱼大豆色拉油:食品级,嘉里粮油有限公司。

1.1.2 主要仪器设备

旋转黏度计:NDJ-1 型,上海精密仪器厂;

磁力搅拌器:84-1A 型,上海司乐仪器厂;

水浴锅:DZKW 型,光明电子仪器厂;

高速分散乳化机:FA25 型,上海 Fluko 流体机械制造公司;

紫外分光光度计,752N 型,上海精密科学仪器有限公司;

组织捣碎匀浆机:JJ-2 型,常州国华电器有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 芥蓝胶的制备工艺

芥蓝籽皮→乙醇回流除杂→热水浸提(料液质量比 1:33,温度 61℃,时间 3.5 h)→匀浆→离心(4 000 r/min, 15 min)→取上清液→醇沉→浓缩→鼓风干燥(60℃)→研磨

作者简介:李泽珍,女,山西农业大学讲师,硕士。

通讯作者:陈敏(1956-),女,中国农业大学教授,硕士。

E-mail: minc19@163.com

收稿日期:2016-02-03

(过80目筛)→芥蓝胶^[3]

1.2.2 芥蓝胶表观黏度的测定 分别配制浓度为0.1%, 0.2%, 0.3%, 0.4%, 0.5%, 0.6%, 0.7%, 0.8%, 0.9%, 1.0%的芥蓝胶溶液。黏度计选用转速60 r/min, 转子3号, 在25℃下, 测定胶液的表观黏度值(经过20~30 s待指针趋于稳定时读数即可)。

1.2.3 芥蓝胶及几种常用食品胶的黏度比较 配制芥蓝胶、亚麻胶、黄原胶、瓜尔胶、他拉胶溶液, 浓度分别为0.1%, 0.2%, 0.3%, 0.4%, 0.5%。黏度计选用转速60 r/min, 转子2号, 在25℃下, 测量胶液的表观黏度值。

1.2.4 芥蓝胶及几种常见食品胶乳化活性、乳化稳定性的测定 配制芥蓝胶溶液浓度分别为0.3%, 0.5%, 0.8%, 其它食品胶浓度为0.5%。食品胶溶液中添加6%大豆色拉油, 高速分散乳化机以转速23 000 r/min分散2 min, 得到乳状液。

参照文献[10], 乳状液配好后置于40℃水浴锅中, 刚放置时取下层液, 在放置6 h后再取其下层液, 分别选用浓度为0.1 g/dL的SDS溶液(十二烷基硫酸钠), 将乳状液稀释100倍, 测定吸光值 A_{500} , 并以SDS溶液为空白。以浊度的大小表示乳化剂的乳化性(emulsion ability, EA), 定义为:

$$T = \frac{2.303 \times A_{500}}{L} \quad (1)$$

式中:

T ——样品的浊度, cm^{-1} ;

L ——光路长度, 此处为1 cm;

A_{500} ——吸光值。

乳化稳定性(emulsion stability, ES)按式(2)计算:

$$ES = \frac{T_2}{T} \quad (2)$$

式中:

ES——乳化稳定性;

T_2 ——6 h后测定的浊度, cm^{-1} ;

T ——乳状液起始浊度, cm^{-1} 。

1.2.5 芥蓝胶及其它食品胶起泡性和稳定性的测定 配制芥蓝胶溶液浓度分别为0.3%, 0.5%, 0.8%, 1.0%, 其它食品胶浓度为1.0%。

参考文献[11]和[12], 按式(3)、(4)计算起泡能力及泡沫稳定性。

$$FC = \frac{V_1 - V_0}{V_0} \times 100\% \quad (3)$$

$$FS = \frac{V_2 - V_0}{V_1 - V_0} \times 100\% \quad (4)$$

式中:

FC——起泡能力, %;

FS——泡沫稳定性, %;

V_0 ——一定浓度芥蓝胶和其它食品胶溶液的体积, 100 mL;

V_1 ——胶液组织捣碎匀浆机高速分散1 min后, 放置0 h时的体积, mL;

V_2 ——胶液组织捣碎匀浆机高速分散1 min后, 放置

24 h时的体积, mL。

1.2.6 芥蓝胶的复配性测定

(1) 复配胶的增稠性: 配制芥蓝胶与黄原胶、瓜尔胶混合溶液浓度为1.0%, 胶粉按9:1, 7:3, 5:5, 3:7, 1:9质量比复配, 用旋转黏度计, 转速60 r/min, 转子4号, 在25℃下, 测定其表观黏度。并以1.0%的芥蓝胶、黄原胶、瓜尔胶作对照。

(2) 复配胶的耐剪切性测定: 试验通过在同一转速下胶液黏度在0~150 s的变化来表示耐剪切性的变化。用NDJ-1型旋转黏度计, 转速60 r/min, 转子4号, 在25℃下, 每隔10 s记一次读数, 测定胶液黏度的变化。

2 结果分析

2.1 芥蓝胶表观黏度的测定

由图1可知, 芥蓝胶溶液浓度与黏度呈正相关。在浓度小于0.6%时, 芥蓝胶的黏度上升缓慢, 此后黏度上升幅度增大。溶液浓度增大时, 芥蓝胶分子数增多, 高分子之间的联结增强, 故随浓度的升高, 芥蓝胶黏度增加幅度加大^[13]。

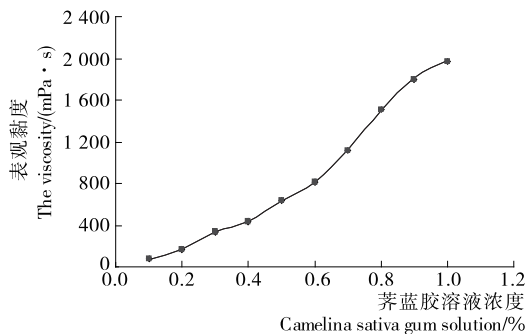


图1 浓度对芥蓝胶溶液表观黏度的影响

Figure 1 Effect of concentration on the viscosity of camelina sativa gum solution

2.2 芥蓝胶与几种常用的食品胶表观黏度的比较

选择与芥蓝胶来源相近的亚麻胶^[4,6], 以及高黏度的黄原胶、瓜尔胶和他拉胶, 在低浓度下, 比较其表观黏度, 见图2。

由图2可知, 胶液浓度升高的同时伴随着芥蓝胶及其他胶液黏度的升高。其中黏度上升幅度较大的是芥蓝胶和黄原

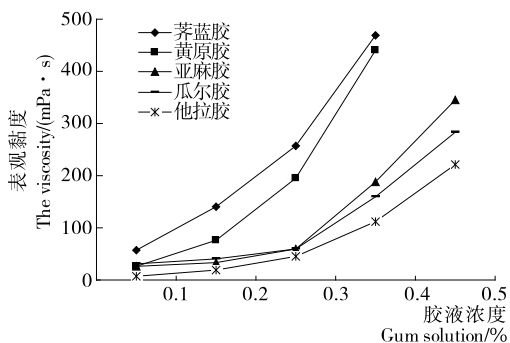


图2 芥蓝胶与其他食品胶溶液黏度的比较

Figure 2 The viscosity of camelina sativa gum solution compared with other food gums

胶,二者浓度在 0.5% 时黏度值已超出 2 号转子的测量范围。同浓度的芥蓝胶溶液黏度均大于黄原胶、亚麻胶、瓜尔胶、他拉胶溶液的黏度。有研究^{[14]29-30 [15]}报道,瓜尔胶溶液在 25~40 ℃ 制备,经过 2 h 后,黏度达到最高值;若用 80 ℃ 热水溶解得到瓜尔胶溶液,达到最大黏度值仅需 10 min,但瓜尔胶会因长时间高温处理导致降解,使黏度下降。该试验中瓜尔胶表观黏度较低,可能与其溶解温度和溶胀时间有关。低浓度时,芥蓝胶溶液就有很高的黏度,可作为高黏度的植物胶推广应用。

2.3 芥蓝胶乳化性能及与其它食品胶乳化性能的比较

由表 1 可知,不同浓度的芥蓝胶溶液制备的乳状液是否稳定,与其浓度直接相关,芥蓝胶溶液的浓度越大,芥蓝胶乳状液的乳化稳定性越好,乳化性则先升高后下降。

表 1 芥蓝胶及其它食品胶的乳化性能

样品	乳化性	乳化稳定性
芥蓝胶 0.3%	0.947	0.927
芥蓝胶 0.5%	1.186	0.963
芥蓝胶 0.8%	1.041	0.993
亚麻胶 0.5%	0.712	0.916
黄原胶 0.5%	0.560	0.956
阿拉伯胶 0.5%	1.301	0.494
瓜尔胶 0.5%	0.675	0.969

根据 Stokes 定律,连续相的黏度会随芥蓝胶的质量分数增加而增加,而液滴的移动则会受阻变缓,因而芥蓝胶乳状液,会随浓度的增加其乳化稳定性增加。而在相同的乳化条件下,伴随芥蓝胶浓度增加达到一定限度,其乳化程度可能降低,乳化性呈现下降趋势。

浓度皆为 0.5% 时,由表 1 可知,几种食品胶的乳化性依次为:阿拉伯胶>芥蓝胶>亚麻胶>瓜尔胶>黄原胶;乳化稳定性依次为:瓜尔胶>芥蓝胶>黄原胶>亚麻胶>阿拉伯胶。

阿拉伯胶、亚麻胶结构中含有疏水基团,如甲基、乙基等或结合蛋白质,因而在油-水界面上表现出与小分子乳化剂相似的表面活性^{[14]94[16] 67},芥蓝胶同样由于含有部分蛋白组分,具有较好的乳化性质,乳化性仅次于阿拉伯胶(表 1)。

乳状液是否稳定,可以反映乳状液质量优劣。在一般的商品胶中,阿拉伯胶的水溶液黏度最低^{[14]92},而芥蓝胶、黄原胶、亚麻胶、瓜尔胶都属于高黏度食品胶,试验结果表明乳状液的稳定性依赖于连续相的高黏度,同时不同种类的胶液又有差别。芥蓝胶与几种常用的食品胶黏度比较表明,0.5% 的胶液黏度为芥蓝胶>黄原胶>亚麻胶,这与该试验中稳定性排序研究结果相似。有研究^{[16] 54}表明,瓜尔胶的特性黏度比黄原胶、亚麻胶的大得多,其配制的乳状液稳定性最好,可能与其胶体的分子大小有关。

2.4 芥蓝胶及其它食品胶起泡性能的比较

由表 2 可知,芥蓝胶和其他食品胶浓度为 1% 时,明胶起泡能力最好,高达 15.0%,其次是芥蓝胶、亚麻胶、阿拉伯胶、

瓜尔胶、黄原胶。芥蓝胶、亚麻胶、黄原胶水溶液黏度高,形成的泡沫细密,泡沫很稳定,而瓜尔胶、阿拉伯胶、明胶都不具有稳定泡沫的能力。芥蓝胶兼备良好的起泡性及泡沫稳定性,说明将其添加到食品体系可以有很好的稳定作用。

表 2 还表明,随着浓度的增加,芥蓝胶的起泡能力和泡沫稳定性增加,当芥蓝胶的浓度为 1% 时,泡沫稳定性最大,起泡能力则略有下降。高黏度溶液不利于起泡分散,也可能是高浓度芥蓝胶起泡能力下降的原因。芥蓝胶与相同质量分数的亚麻胶相比,起泡能力与其相近,泡沫的稳定性则更好。

表 2 芥蓝胶和其它食品胶的起泡性能

胶的种类	质量分数	起泡能力	泡沫稳定性
芥蓝胶	0.3	3.0	0.0
	0.5	7.2	42.8
	0.8	16.3	70.0
	1.0	11.1	90.0
亚麻胶	1.0	10.3	79.0
明胶	1.0	15.0	0.0
黄原胶	1.0	1.0	33.3
阿拉伯胶	1.0	5.0	0.0
瓜尔胶	1.0	3.0	0.0

2.5 复配性

2.5.1 芥蓝胶与黄原胶、瓜尔胶的增稠性 芥蓝胶与黄原胶、瓜尔胶以不同比例复配,得到的混合胶液表观黏度差异明显,见图 3。

相同浓度下,芥蓝胶与黄原胶混合液的表观黏度都大于单一黄原胶表观黏度,表明二者协效性好,可以相互增强黏度。芥蓝胶与黄原胶复配时,质量比为 5:5 效果最佳,混合液的黏度为 37 500 mPa·s,与同浓度的黄原胶溶液黏度相比,约为其 1.4 倍,与芥蓝胶相比,约为其 1.2 倍;芥蓝胶与瓜尔胶也有良好的协效性,复配时质量比为 9:1 时最佳,混合液的黏度为 48 000 mPa·s,与芥蓝胶相比,黏度约为其 1.5 倍,与瓜尔胶相比,黏度约为其 1.4 倍。

目前研究^[17]表明,黄原胶具有双螺旋结构,瓜尔胶具有

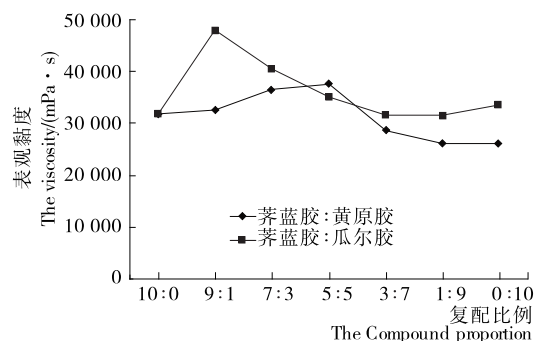


图 3 芥蓝胶与黄原胶、瓜尔胶复配对溶液表观黏度的影响
Figure 3 The viscosity of camelina sativa gum solution compounded with xanthan gum and guar gum

较密的侧链结构,芥蓝胶与之有增强的协效作用,可能与其结构有关,有待进一步研究。

2.5.2 复配胶的耐剪切性 目前,用于食品增稠剂的高黏度胶主要有瓜尔胶和黄原胶。虽然这两种胶也属于假塑性胶,但其耐剪切性远远好于芥蓝胶。由图4可知,剪切速度60 r/min,转子4号,浓度1%时,芥蓝胶溶液黏度高于同浓度黄原胶溶液,但不耐剪切,剪切时间的延长使得胶液黏度快速下降,150 s时芥蓝胶黏度为0 s时的84.9%,而1%的黄原胶耐剪切性很好,剪切时间延长时,其黏度基本不降低。复配胶(质量比9:1→1:9)耐剪切性都比1%的芥蓝胶增强,剪切150 s时黏度分别为0 s的86.2%,91.0%,88.0%,93.0%,92.3%。其中芥蓝胶:黄原胶复配胶的黏度会因黄原胶添加比例增大而上升,5:5时黏度值达到最大,此后黄原胶添加比例增加复合胶黏度反而下降;质量比为5:5,7:3,9:1的复合胶液黏度均高于1%的芥蓝胶。综上所述,复合胶5:5时黏度值最大,且耐剪切性相对1%的芥蓝胶液有所增加。

与图4不同,1%的芥蓝胶溶液黏度和耐剪切性均低于1%的瓜尔胶溶液,1%的瓜尔胶溶液黏度基本不随剪切时间的延长而降低(图5)。复配胶质量比为9:1,5:3,7:3的胶液耐剪切性都比1%的芥蓝胶增强,剪切150 s时黏度分别为0 s的91.7%,94.3%,85.7%。芥蓝胶:瓜尔胶的复合胶液黏度随瓜尔胶添加而黏度突然上升,9:1时黏度达到最高值,此后复配胶中虽瓜尔胶添加比例增加,但复合胶黏度

呈下降趋势;质量比为9:1,7:3,5:5的复合胶液黏度均高于1%的芥蓝胶。综上所述,复合胶9:1时黏度值最大,且耐剪切性显著优于1%的芥蓝胶液。

3 结论

芥蓝胶的黏度、起泡能力、泡沫稳定性以及乳化稳定性,都随胶液浓度的增加而增加,但乳化性随浓度增加先升高后下降。芥蓝胶与黄原胶、瓜尔胶有良好的协效性,复配有助于提高芥蓝胶耐剪切性,复配增稠最佳质量比为芥蓝胶:黄原胶为5:5,芥蓝胶:瓜尔胶为9:1。

低浓度时,芥蓝胶溶液就有很高的黏度,但不耐剪切,通过与其它胶协同而得到改进,芥蓝胶复配应用于肉制品、凝胶食品和饮料等食品^[18]加工中有待进一步研究。

参考文献

- [1] 黄凤洪, 谢笔钧, 刘昌盛. 新型油料作物——芥蓝[J]. 中国油脂, 2005, 30(10): 76-77.
- [2] 崔江, 姜伟, 孙群, 等. 亚麻芥种子萌发抗旱性研究初报[J]. 中国农学通报, 2006, 22(10): 203-205.
- [3] 李泽珍, 陈敏, 戴蕴青, 等. 芥蓝胶提取工艺的优化[J]. 中国食品学报, 2010, 10(2): 142-148.
- [4] 黄凤洪, 黄庆德, 谢笔钧, 等. 新型油料作物芥蓝初探[J]. 河南工业大学学报, 2006, 27(3): 57-58.
- [5] 邓曙东, 张青文. 亚麻芥种植和利用的研究现状[J]. 植物学通报, 2004, 21(3): 376-382.
- [6] 黄庆德, 王江薇, 黄沁洁, 等. 芥蓝籽冷榨制油和芥蓝籽油精炼工艺研究[J]. 中国油脂, 2006, 30(1): 17-20.
- [7] 戴昱昱, 朱晓聪, 云田田, 等. 芥蓝籽蛋白酶解制备抗氧化肽工艺的研究[J]. 中国粮油学报, 2008, 23(5): 149-153.
- [8] 邓乾春, 黄凤洪, 黄庆德, 等. 芥蓝籽饼粕在家禽饲料中的应用效果研究[J]. 中国饲料, 2009(17): 3-7.
- [9] 李泽珍, 陈敏, 朱小聪. 芥蓝胶流变学特性的研究[J]. 食品工业科技, 2008, 29(10): 115-119.
- [10] 陈海华, 许时婴. 亚麻籽胶的乳化性质[J]. 食品与生物技术学报, 2006, 25(1): 21-26.
- [11] 邓辰辰, 陈洁, 何志勇, 等. 提高具有高起泡性大豆蛋白水解物得率的研究[J]. 食品与机械, 2015, 31(3): 28-31.
- [12] 陈海华, 许时婴, 王璋. 亚麻籽胶的成膜性和起泡性[J]. 食品与发酵工业, 2006, 32(6): 34-40.
- [13] 王辉, 王琴, 白卫东, 等. 低浓度亚麻籽胶的流变特性[J]. 食品与发酵工业, 2004, 30(3): 74-77.
- [14] 胡国华. 功能性食品胶[M]. 北京: 化学工业出版社, 2014.
- [15] 焦学瞬. 天然食品乳化剂和乳液: 组成、性质、制备、加工与应用[M]. 北京: 科学出版社, 1999: 139.
- [16] 陈海华. 亚麻胶的功能性质、结构及其应用[D]. 无锡: 江南大学, 2005.
- [17] 吴伟都, 朱慧, 王雅琼, 等. CMC与黄原胶复配溶液的流变特性研究[J]. 中国食品添加剂, 2013(2): 94-103.
- [18] 张献伟, 周梁, 蒋爱民. 食品胶特性及其在食品中应用[J]. 食品与机械, 2011, 27(1): 166-169.

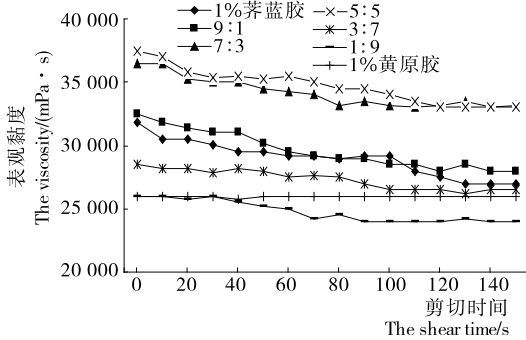


图4 芥蓝胶与黄原胶复配胶液耐剪切性质

Figure 4 The shearing properties of camelina sativa gum solution compounded with xanthan gum

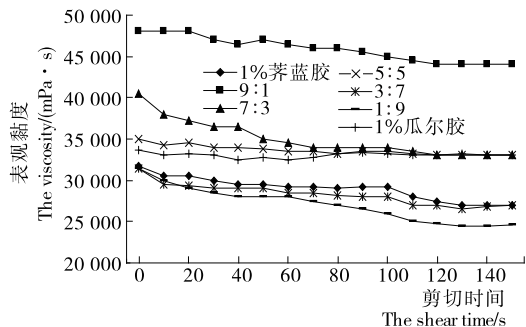


图5 芥蓝胶与瓜尔胶复配胶液剪切性质

Figure 5 The shearing properties of camelina sativa gum solution compounded with guar gum