

## بررسی رفتار رئولوژیکی محلولهای هیدروکلوئیدی گوار تحت تاثیر تعدادی از شیرین کننده های طبیعی و سنتزی غذایی

وحید سمواتی<sup>۱\*</sup>، محمد سعید یارمند<sup>۲</sup>، محمد حجتی<sup>۱</sup>

۱- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین، ملائانی، اهواز  
۲- استادیار گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج  
(تاریخ دریافت: ۸۹/۵/۲۳ تاریخ پذیرش: ۹۰/۵/۱۰)

### چکیده

در این بررسی به مطالعه اثر نوع و غلظت شیرین کننده های طبیعی و مصنوعی (ساکاروز، گلوکز، فروکتوز، آسپارتام، آسه سولفام K، نئوتام) بر روی خواص رئولوژیکی هیدروکلوئید گوار در یک سیستم مدل شامل مخلوط شیرین کننده ها و هیدروکلوئید گوار پرداخته شده است. آزمایشات در ۲ سطح غلظت از شیرین کننده ها (۱۰ و ۲۰٪ وزنی-وزنی از ساکاروز، گلوکز و فروکتوز، ۰/۱ و ۰/۲ درصد وزنی-وزنی از آسپارتام و آسه سولفام، ۰/۰۰۱ و ۰/۰۰۲ وزنی-وزنی از نئوتام) و صمغ گوار (۰/۵ و ۱/۵٪ درصد وزنی-وزنی) انجام شد. جهت اندازه گیری خواص رئولوژیکی از دستگاه Oscillatory مدل MCR-300 استفاده شد. نتایج نشان داد که انواع شیرین کننده های طبیعی با توجه به نوع و غلظت آنها، اثرات متنوعی را بر روی خواص رئولوژیکی محلول های هیدروکلوئید گوار بوجود می آورند. برای مثال ساکاروز باعث افزایش اندیس ذخیره و کاهش اندیس افت محلول های گوار گردید. همچنین تاثیر شیرین کننده ها در غلظت های بالاتر هیدروکلوئید گوار بیشتر می باشد. بعلاوه، شیرین کننده های سنتزی در غلظت های مورد استفاده بر روی رفتار رئولوژیکی سیستم های هیدروکلوئیدی گوار اثری ندارند.

کلید واژگان: هیدروکلوئید، شیرین کننده، رئولوژی، گوار

### ۱- مقدمه

هیدروکلوئیدها وجود دارد، بررسی تاثیر شیرین کننده ها را بر روی خواص رئولوژیکی (محلولهای هیدروکلوئیدی مهم به نظر می رسد. در تحقیقی تاثیر ساکاروز و آسپارتام بر روی خواص رئولوژیکی سیستم های ژلی مورد بررسی قرار گرفت و نتایج حاکی از تاثیر معنی دار ساکاروز بر رفتار رئولوژیک سیستم های ژلی و عدم وجود تاثیر معنی دار آسپارتام بر این سیستم ها می باشد [۱-۲]. در پژوهش های

امروزه هیدروکلوئیدها کاربرد گسترده ای را در صنایع غذایی پیدا کرده اند. همچنین تاثیر شرایط محیطی مانند pH و قدرت یونی بر روی خواص نهایی حاصل از آنها نیز به اثبات رسیده است. با توجه به این موضوع که در بسیاری از مواد غذایی از شیرین کننده های مختلفی به جای ساکاروز استفاده می شود و امکان برهم کنش بین این گونه شیرین کننده ها و در نتیجه تاثیر بر روی خواص رئولوژیکی

\* مسئول مکاتبات: vahidsamavati@gmail.com

شدند. آزمایشات در فرکانس زاویه ای ۱۰-۰/۱ هرتز و strain ۰/۵٪ که در آن ساختارهای تشکیل شده در سیستم محفوظ می ماند، انجام شد [۷]. اندازه گیریها در دمای ۲۰°C انجام شدند. نمونه های حاوی هیدروکلوئید بدون شیرین کننده به عنوان نمونه شاهد مورد استفاده قرار گرفت.

### ۲-۴ روش آماری

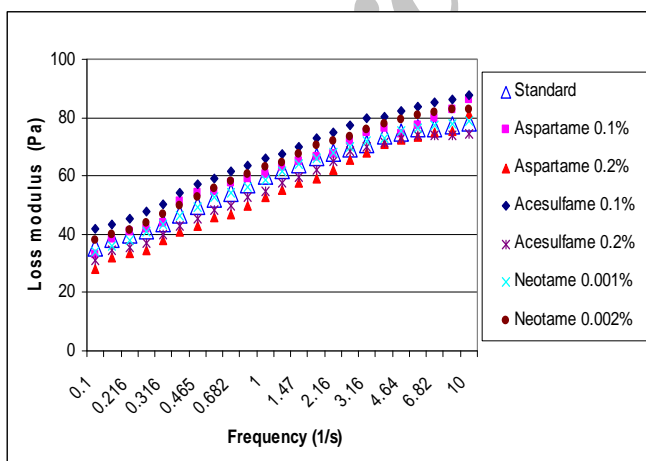
در این تحقیق از طرح فاکتوریل با ۲ فاکتور شیرین کننده و هیدروکلوئید در قالب طرح کاملا تصادفی با نرم افزار SAS (نسخه ۱۰) جهت تجزیه و تحلیل داده ها استفاده گردید. جهت مقایسه تیمارها سطح معنی داری ۰/۰۵ انتخاب گردید. کلیه آزمایشات در ۳ تکرار انجام گرفتند.

### ۳- نتایج و بحث

#### ۳-۱ تأثیر شیرین کننده های G'' محلولهای گوار

##### سنتری بر روی مدول افت

با توجه به نمودار ۱، تأثیر شیرین کننده های سنتری بر روی مدول افت محلولهای گوار با غلظت ۱/۵٪ از لحاظ آماری در سطح ۹۵٪ معنی دار نیست. باید توجه داشت که مدول افت با شیب ثابتی افزایش یافته، و سپس به تدریج از شیب آن کاسته می شود. این نشان می دهد که در فرکانسهای زاویه ای پایین تر سرعت تشکیل ساختار و شبکه بیشتر بوده و بخش بزرگی از شبکه در فرکانسهای زاویه ای پایین تشکیل می شود.



شکل ۱ تأثیر شیرین کننده های سنتری بر روی محلولهای گوار ۱/۵٪ G'' یا مدول افت

دیگر، تأثیر ساکاروز و گلوکز بر روی رئولوژی سیستم ژلی صمغ ژلان بررسی شده است [۳-۵]. گزارش شده است که ساکاروز باعث افزایش تنش تسلیم و اندیس ذخیره در این سیستم ژلی می شود. در مطالعه دیگری در سال ۱۹۹۴ پدیده انتقال شیشه ای مخلوط شربت ذرت و صمغ ژلان و ساکاروز بررسی شد [۶]. نتایج این محققین نشان داد که شربت ذرت و ساکاروز هر دو تأثیر معنی داری بر دمای انتقال شیشه ای صمغ ژلان دارند و این تأثیر در مورد شربت ذرت بیشتر می باشد. در این مطالعه از شش نوع شیرین کننده (ساکاروز، گلوکز، فروکتوز، اسپارتام، آسه سولفام K و نئوتام) در ۲ سطح غلظت از هر شیرین کننده و ۲ سطح غلظت از هیدروکلوئید گوار (۰/۵ و ۱/۵ درصد وزنی) استفاده گردید.

#### ۲- مواد و روشها

##### ۲-۱ مواد مصرفی

هیدروکلوئید گوار از شرکت ایرانی آرمان-شایان تهیه گردید. شیرین کننده های ساکاروز، گلوکز، فروکتوز و آسه سولفام K از شرکت مرک آلمان خریداری شدند و شیرین کننده های اسپارتام و نئوتام از شرکت سوئیسی Nutrasweet تهیه گردید.

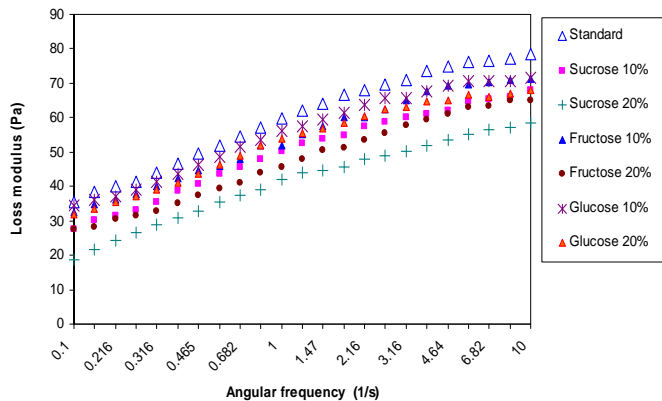
##### ۲-۲ آماده سازی نمونه ها

جهت تهیه نمونه ها، ابتدا مقدار مشخصی از هر شیرین کننده و هیدروکلوئید گوار به صورت پودر با هم مخلوط شدند و سپس در مقدار مشخصی آب مقطر که قبلا تا دمای ۵۰°C گرم شده بود به کمک هم زن برقی با دور ۱۰۰۰ در دقیقه حل گردیدند بطوریکه غلظت هیدروکلوئید گوار در محلول نهایی ۰/۵ و ۱/۵٪ وزنی-وزنی باشد. نمونه ها جهت آبگیری کامل یک شب در دمای محیط ۲۰°C نگهداری شدند.

##### ۲-۳ بررسی های رئولوژیک

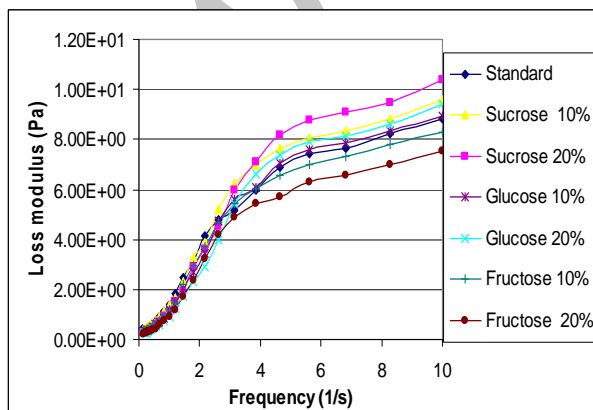
فاکتورهای مورد بررسی مدولهای ذخیره (G') و افت (G'') مخلوطهای هیدروکلوئید گوار و شیرین کننده های طبیعی و سنتری می باشد که به کمک دستگاه رئومتر oscillatory مدل MCR 300 ساخت آلمان اندازه گیری

ساختار در فرکانسهای پایینتر بیشتر بوده و با سرعت بیشتری اتفاق می افتد و در فرکانسهای بالاتر کاهش می یابد که دلیل این پدیده تشکیل ساختارهای قوی تر در فرکانس های پایین و حفظ یکپارچگی و مقاومت ساختار های تشکیل شده به تنش، در فرکانس های بالاتر می باشد.



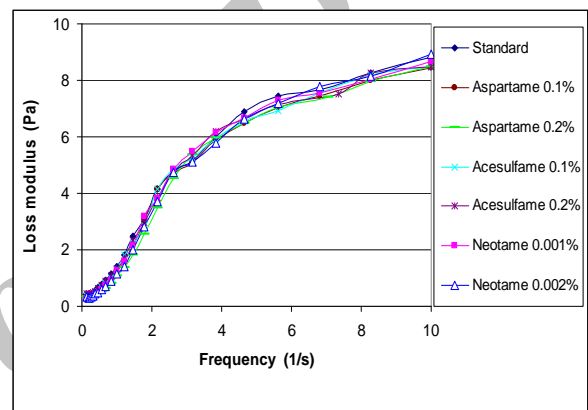
شکل ۳ تأثیر شیرین کننده های طبیعی بر روی مدول افت  $G''$  محلولهای گوار ۱/۵٪

افزایش مدول افت در غلظت ۰/۵٪ در فرکانسهای زاویه ای پایین بیشتر در فرکانسهای زاویه ای بالاتر کمتر می باشد که نشان از تشکیل شبکه در فرکانس های زاویه ای پایینتر می باشد. در اینجا در فرکانسهای زاویه ای پایین تفاوت معنی دار نیست و در فرکانسهای زاویه ای بالاتر تفاوتها معنی دارتر می شوند. در مورد محلولهای ۰/۵٪ ساکاروز ۲۰٪ باعث افزایش مدول افت و قند فروکتوز ۲۰٪ باعث کاهش معنی داری در مدول افت می شوند. (شکل ۴).



شکل ۴ تأثیر شیرین کننده های طبیعی بر روی مدول افت ( $G''$ ) محلولهای گوار ۱/۵٪

در مورد نمونه های با غلظت ۰/۵٪ باید گفت همانند غلظت ۱/۵٪، تفاوتی بین تیمارهای مختلف با نمونه شاهد وجود ندارد. افزایش مدول افت بر خلاف مدول ذخیره در نمونه های با غلظت ۱/۵٪ به فرکانس زاویه ای وابستگی بیشتری دارد و با افزایش فرکانس زاویه ای این وابستگی کاهش می یابد. و همانند نمونه های با غلظت ۱/۵٪، تغییرات شیب نمودار حالت کاهشی دارد و این نشان می دهد که تشکیل شبکه در فرکانسهای پایین سریعتر می باشد. در شکل ۲ تأثیر شیرین کننده های سنتزی مختلف را بر روی مدول افت محلولهای گوار مشاهده می شود.

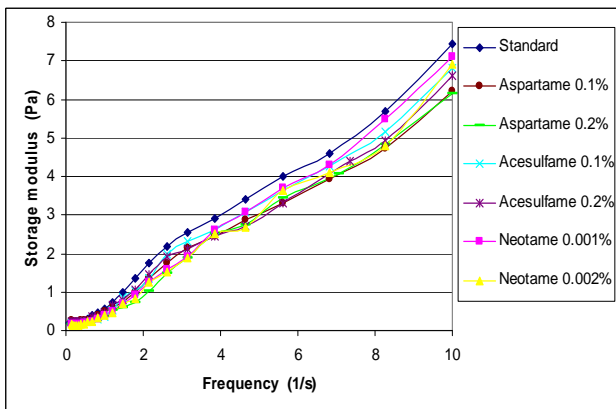


شکل ۲ تأثیر شیرین کننده های سنتزی بر روی مدول افت  $G''$  محلولهای گوار ۰/۵٪

همانطور که در شکل ۲ دیده می شود، شیرین کننده های سنتزی در غلظت های مورد استفاده بر روی خواص رئولوژیکی سیستم های هیدروکلوئیدی اثری ندارند که احتمالاً دلیل این موضوع غلظت کم آنها می باشد.

### ۳-۲ تأثیر شیرین کننده های $G''$ محلولهای گوار طبیعی بر روی مدول افت یا

با توجه به نمودار ۳، می توان گفت که تقریباً تمام شیرین کننده های طبیعی باعث کاهش مدول افت محلولهای با غلظت ۱/۵٪ می شوند و در این بین فقط شیرین کننده های ی گلوکز و فروکتوز با غلظت ۱۰٪ با نمونه شاهد (صمغ بدون شیرین کننده) تفاوت معنی داری ندارد. با افزایش غلظت قند، اثرات آنها تشدید می شود. بین قند های گلوکز و فروکتوز ۱۰٪ و گلوکز ۲۰٪ تفاوت معنی دار وجود ندارد و یا بین قند ساکاروز ۱۰٪ و فروکتوز ۲۰٪ تفاوت معنی داری وجود ندارد. با توجه به شیب نمودار تشکیل شبکه و



شکل ۶ تأثیر شیرین کننده‌های سنتزی بر روی مدول ذخیره  $G'$  محلولهای گوار ۰/۵٪

با کمی دقت می‌توان فهمید که تأثیر این شیرین کننده‌ها در مورد محلولهای با غلظت ۰/۵٪ فرکانسهای زاویه‌ای پایین تفاوت بسیار کمی با نمونه شاهد دارند و با افزایش فرکانس زاویه‌ای تفاوتها نیز آشکارتر می‌شوند و شاید بتوان حدس زد که در فرکانسهای بالاتر اختلاف بین تیمارها و شاهد معنی‌دار شوند. اما در مورد محلولهای با غلظت ۱/۵٪، باید گفت که تفاوتها از همان ابتدا کم و بیش وجود دارد و با افزایش فرکانس زاویه‌ای تغییرات تقریباً ثابت می‌مانند. باید توجه داشت که میزان مدول ذخیره در محلولهای با غلظت ۱/۵٪ وابستگی بیشتری به فرکانس زاویه‌ای دارد و این امر از روی شیب نمودار  $G'$  در مقابل فرکانس زاویه‌ای کاملاً مشخص می‌باشد.

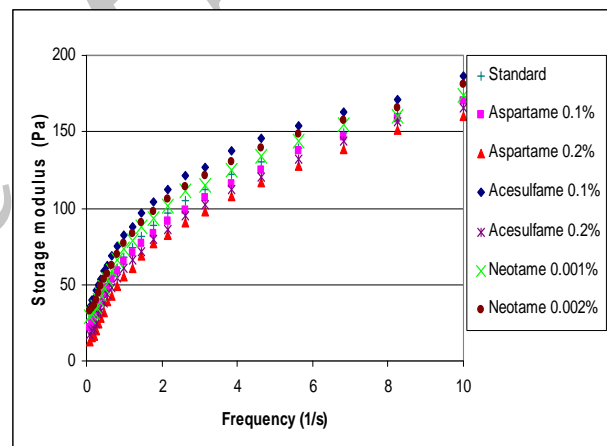
### ۳-۴ تأثیر شیرین کننده‌های طبیعی بر روی مدول ذخیره یا $G'$ محلولهای گوار

با توجه به نمودار ۷ می‌توان نتیجه گرفت که شیرین کننده های طبیعی همگی باعث کاهش مدول ذخیره نمونه‌های با غلظت ۱/۵٪ می‌شوند و در این بین شیرین کننده های مختلف و غلظتهای آنها تفاوتی وجود دارد بطوریکه با افزایش غلظت شیرین کننده های مختلف و غلظتهای تفاوتی وجود دارد بطوریکه با افزایش غلظت شیرین کننده در محیط، اثرات آنها تشدید می‌شوند. همانطور که مشخص می‌باشد فقط قند فروکتوز ۱۰٪ بر روی مدول ذخیره محلولهای با غلظت ۱/۵٪ تأثیر معنی‌داری ندارد و بقیه شیرین کننده‌های طبیعی به کار برده شده دارای اثرات

تغییرات مدول افت در محلولهای ۰/۵٪ در فرکانسهای زاویه‌ای پایین زیاد بوده و در فرکانسهای زاویه‌ای بالاتر با شیب کمتری افزایش می‌یابند. در اینجا نیز رفتار غالب در تعیین رئولوژیک نهائی محلول مربوط به صمغ می‌باشد و وجود شیرین کننده در تعیین رفتار نهایی رئولوژیک سیستم تقریباً بی‌تأثیر است.

### ۳-۳ تأثیر شیرین کننده‌های سنتزی بر روی مدول ذخیره یا محلولهای گوار $G'$

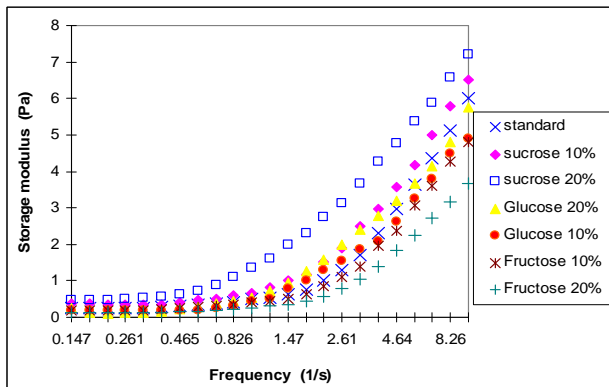
همانطور که از نمودار ۵ پیداست، شیرین کننده‌های سنتزی دارای اثرات معنی‌داری بر روی مدول ذخیره محلولهای گوار ۰/۵٪ نمی‌باشند و در سطح ۹۵٪ معنی‌دار نیست و می‌توان گفت که شیرین کننده های سنتزی بر روی مدول ذخیره محلولهای با غلظت ۰/۵٪ تأثیری ندارند.



شکل ۷ تأثیر شیرین کننده‌های سنتزی بر روی مدول ذخیره یا  $G'$  محلولهای گوار ۱/۵٪

در مورد تأثیر شیرین کننده های سنتزی بر روی مدول ذخیره محلولهای ۰/۵٪، باید گفت در اینجا مانند غلظت ۱/۵٪، این اثرات معنی‌دار نیست (شکل ۶). در سال ۲۰۰۴ تعدادی از محققین نیز با بررسی تأثیر آسپارتام بر روی خواص رئولوژیکی سیستم های ژلی به نتایج مشابهی دست یافتند [۸].

تیمارها و شاهد در فرکانسهای زاویه‌ای پایین معنی‌دار نیست و با افزایش فرکانس زاویه‌ای، تفاوتها بیشتر می‌شود (شکل ۸).



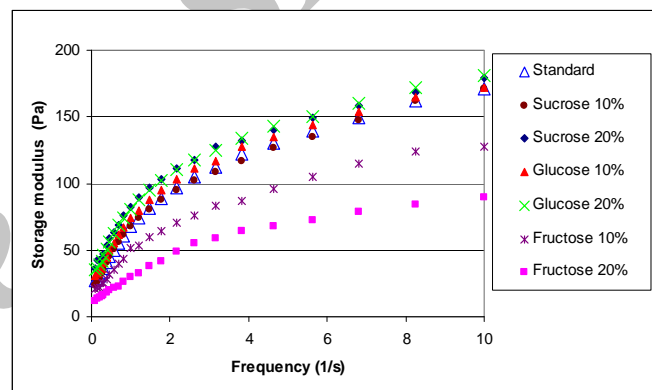
شکل ۸ تأثیر شیرین‌کننده‌های طبیعی بر روی مدول یا  $G'$  ذخیره محلولهای گوار ۰/۵٪

باید توجه داشت که با افزایش غلظت شیرین‌کننده در محیط، اثرات آنها نیز تشدید می‌شود. بیشترین تأثیر افزایشنده مربوط به قند ساکاروز ۲۰٪ می‌باشد و کمترین تأثیر افزایشنده مربوط به قند ساکاروز ۱۰٪ می‌باشد. همانطور که پیداست مدول ذخیره محلولهای ۰/۵٪ حاوی قند ساکاروز ۲۰٪ وابستگی بیشتری به فرکانس زاویه‌ای دارد و مدول ذخیره محلولها نیز رفتار غالب در تعیین رفتار رئولوژیک نهایی مربوط به صمغ می‌باشد. این نتایج با گزارشات ریچاردسون همکاران<sup>۲</sup> در سال که بر روی تأثیر شیرین‌کننده‌های طبیعی بر محلول‌های صمغ گوار و لوبیای لوکاست مطابقت دارد [۱۰].

باید توجه داشت که مدول افت نمونه‌های ۰/۵ و ۱/۵٪ از مدول ذخیره آن کمتر است و این تفاوتها در غلظتهای پایین‌تر مشخص‌تر می‌باشد و با افزایش غلظت صمغ تفاوت این دو مدول کاهش می‌یابد. به عبارت دیگر با افزایش غلظت، خاصیت الاستیکی با سرعت بیشتری نسبت به خاصیت ویسکوزی افزایش می‌یابد. و این نشان می‌دهد که صمغ در غلظتهای پایین بیشتر رفتار ویسکوز از خود نشان می‌دهد و رفتار الاستیک در

معنی‌داری بر روی مدول ذخیره این محلولها دارند. نتیجه مشابهی نیز از کار تحقیقاتی انجام گرفته توسط ریچاردسون و نورتون<sup>۱</sup> در سال ۱۹۹۸ بدست آمده است [۹]. این محققین گزارش دادند که ساکاروز بر روی خاصیت ژله‌ای شدن محلول‌های غلیظ صمغ لوبیای لوکاست تأثیر مثبتی دارد و باعث تشکیل سریعتر و تولید ژل‌های با اندیس ذخیره بیشتر می‌گردد.

باید ذکر کرد که در بین تیمارها نیز در بعضی موارد تفاوتها معنی‌دار و گاهی بی‌معنی هستند مثلاً تأثیر قند ساکاروز با غلظت ۱۰٪ و فروکتوز با غلظت ۲۰٪ بر روی مدول ذخیره محلولهای با غلظت ۱/۵٪ تفاوت معنی‌داری با هم ندارند و بین گلوکز ۱۰٪ و ساکاروز ۲۰٪ از این لحاظ تفاوت معنی‌داری وجود ندارد.



شکل ۷ تأثیر شیرین‌کننده‌های طبیعی بر روی مدول ذخیره یا  $G'$  محلولهای گوار ۱/۵٪

بیشترین تأثیر مربوط به قند گلوکز با غلظت ۲۰٪ و کمترین تأثیر معنی‌دار مربوط به شیرین‌کننده‌های ساکاروز ۱۰٪ و فروکتوز ۲۰٪ می‌باشد. باید توجه کرد که در محلولهای با غلظت ۱/۵٪ در فرکانسهای زاویه‌ای پایین تفاوت معنی‌داری بین نمونه‌ها وجود ندارد و با افزایش فرکانس زاویه‌ای تفاوتها معنی‌دارتر می‌شوند. در اینجا نیز رفتار صمغ تعیین رفتار نهایی مخلوط شیرین‌کننده و صمغ، نقش غالب را دارد. در مورد محلولهای با غلظت ۱/۵٪ نیز می‌توان نتیجه گرفت که قند گلوکز باعث کاهش مدول ذخیره می‌شود و شیرین‌کننده‌های ساکاروز و ساکاروز باعث افزایش این اندیس می‌شوند. در اینجا نیز مانند غلظت ۱/۵٪، تفاوت میان

2. Richardson et al., (1998)

1. Richardson & Norton

- [3] Phillips, G.O., Williams, P.A., and Wedlock, D.J. 1992. Gums and stabilizers for the food industry. Volume 6. IRL Press, Oxford University, UK. pp, 303-309.
- [4] Fu, J.T., and Rao, M.A. (2001). Rheology and structure development during gelation of low-methoxyl pectin gels: the effect of sucrose. *Food Hydrocolloids*, 15, 93-100.
- [5] Morris, E.R., Cutler, A.N., Ross-Murphy, S.B., Rees, D.A., and Price, J. (1981). Concentration and shear rate dependence of viscosity in random coil polysaccharide solutions. *Carbohydrate Polymer*, 1, 5-21.
- [6] Moritaka, H., Nishinari, K., Nakahama, N., and Fukuba, H. (1994). Effects of sucrose, glucose, urea and guanidine hydrochloride on the rheological properties of gellan gum gels. *Journal of Japanese Society of Food Science and Technology*, 41(1), 9-16.
- [7] Oakenfull, D., and Scott, A. (1986). Stabilization of gelatin gels by sugars and polyols. *Food Hydrocolloids*, 1(2), 163-175.
- [8] Papageorgiou, M., Kasapis, S., and Richardson, R.K. (2004). Glassy-state phenomena in gellan-sucrose-corn syrup mixtures. *Carbohydrate Polymers*, 25, 101-109.
- [9] Richardson, P.H., and Norton, I.T. (1998). Gelation behavior of concentrated locust bean gum solutions. *Macromolecules*, 31, 1575-1583.
- [10] Richardson, P.H., Willmer, J., and Foster, T.J. (1998). Dilute solution properties of guar and locust bean gum in sucrose solutions. *Food Hydrocolloids*, 12, 339-348.

این حالت ناچیز است، اما در غلظتهای بالاتر، صمغ دارای هر دو رفتار ویسکوز و الاستیک به نسبت تقریباً برابر می باشد.

#### ۴- نتیجه گیری کلی

با توجه به نتایج بدست آمده می توان بیان داشت که تاثیر شیرین کننده های طبیعی متفاوت می باشد، که این اختلاف علاوه بر نوع، به غلظت آنها نیز وابسته است. در مورد شیرین کننده های سنتزی نیز همانگونه که دیده شد، در غلظت های مورد استفاده تاثیر بر روی خواص رئولوژیکی هیدروکلوئیدها ندارند که این موضوع احتمالاً می تواند به دلیل غلظت پایین به کار رفته از آنها باشد و این احتمال وجود دارد که با افزایش غلظت آنها اثری آنها معنی دار شود.

#### ۵- سپاسگزاری

این تحقیق با حمایت های مدیر امور پژوهشی و فناوری دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین در غالب طرح تحقیقاتی ۲۹۰/۱ به انجام رسیده است.

#### ۶- منابع

- [1] Bayarri, S., Duran, L., and Costell, E. (2003). Compression resistance, sweetener's diffusion and sweetness of hydrocolloids gels. *International Dairy Journal*, 13, 643-653.
- [2] Clark, A.H., and Ross-Murphy, S.B. (1987). Structural and mechanical properties of biopolymer gels. *Advances in Polymer science*, 83, 57-192.

## Investigation of the effect of some sweeteners on rheological properties of food hydrocolloidal solutions

Samavati, V. <sup>1\*</sup>, Yarmand, M. S. <sup>2</sup>, Hojjati, M. <sup>1</sup>

1. Department of Food Science & Technology, Ramin Agriculture and Natural Resources University, Mollasani, Ahvaz

2. Department of Food Science & Engineering, University of Tehran, Karaj

(Received: 89/5/23 Accepted: 90/5/10)

In this paper, the effect of type and concentration of some sweeteners (sucrose, glucose, fructose, aspartame, acesulfame k and neotame) has been investigated on the rheological properties of guar gum solutions in a model system include sweeteners and hydrocolloid. Two level of sweetener concentrations were used (10, 20% for sucrose, glucose, fructose, and 0.1, 0.2% for aspartame, acesulfame k, and 0.001, 0.002% for neotame). The rheological properties were measured by oscillatory rheometer (model MCR-300). The results showed that the effect of sweeteners on rheological properties of guar gum depend on type and concentration of sweeteners. In these concentrations, the synthetic sweeteners had no effect on rheological properties of guar gum solution.

**Keywords:** Hydrocolloid, Sweetener, Rheology, Guar

---

\* Corresponding Author E-Mail address: vahidsamavati@gmail.com