

تأثیر شیرین کننده های طبیعی و سنتزی بر روی رفتارهای رئولوژیکی

محلولهای صمغ لوکاست بین گام LBG

وحید سمواتی^۱، سید هادی رضوی^{۲*}

۱- کارشناسی ارشد علوم و مهندسی صنایع غذایی دانشگاه تهران

۲- استادیار گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی دانشگاه تهران

چکیده

در این بررسی به مطالعه اثر نوع و غلظت شیرین کننده های مختلف (ساکاروز، گلوکز، فروکتوز، اسپارتام، آسه سولفام، نئوتام) بر روی خواص رئولوژیکی هیدروکلوئید لوکاست بین گام LBG در یک سیستم مدل شامل مخلوط شیرین کننده ها و صمغ پرداخته شده است. آزمایشات در ۲ سطح غلظت از شیرین کننده ها ۱۰ و ۲۰٪ وزنی از ساکاروز، گلوکز و فروکتوز، ۱ و ۲٪ وزنی-حجمی از اسپارتام و آسه سولفام، و ۰/۰۱ و ۰/۰۲٪ وزنی-حجمی از نئوتام و صمغ لوکاست بین (۵ و ۱۰٪ وزنی-حجمی) انجام شد. جهت اندازه گیری خواص رئولوژیکی از دستگاه رئومتر Oscillatory مدل MCR-300 استفاده شد. نتایج نشان داد که انواع شیرین کننده ها، اثرات متنوعی را بر روی خواص رئولوژیکی صمغ لوکاست بین بوجود می آورند. در ضمن شیرین کننده های سنتزی در غلظت های مورد استفاده در صنایع غذایی بر روی رفتار رئولوژیکی سیستم های هیدروکلوئیدی اثری ندارند.

کلید واژگان: هیدروکلوئید، شیرین کننده، رئولوژی، صمغ لوکاست بین

۱-مقدمه

یونی، دما، تیمارهای حرارتی و مکانیکی بر 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 واکنش بین این گونه شیرین کننده ها و در نتیجه تأثیر بر خواص رئولوژیکی هیدروکلوئیدها وجود دارد، بررسی تأثیر شیرین کننده ها بر خواص رئولوژیکی محلولهای هیدروکلوئیدی مهم به نظر می رسد. بسیاری از مطالعات انجام شده تأثیر شیرین کننده ها بر روی سیستم های ژلی بررسی شده اند. [۷-۱۴]. در سال ۲۰۰۴ تحقیقی به منظور بررسی تأثیر ساکاروز و اسپارتام بر خواص رئولوژیکی سیستم های ژلی انجام شد [۷]. در یک پژوهش که در سال ۱۹۹۴ انجام شد، تأثیر ساکاروز و گلوکز بر رئولوژی سیستم ژلی صمغ ژلان بررسی شد [۶]. در مطالعه

افزودنی های غذایی مواد شیمیایی هستند که در فرمولاسیون های غذایی با اهداف مختلف به کار برده می شوند. برای مثال به منظور افزایش عطر و طعم، رنگ و عمر انبارداری به وسیله نگهداری یا تغییر خصوصیات رئولوژیکی و فیزیکی. امروزه هیدروکلوئیدها به عنوان افزودنی، کاربرد گسترده ای در صنایع غذایی پیدا کرده اند. برای مثال بسیاری از محصولات غذایی مانند سسها، شربتها، بستنی، غذاهای فوری، نوشیدنی ها و محصولات قنادی حاوی هیدروکلوئیدها در فرمولاسیون خود می باشند [۱ و ۳]. خصوصیات رئولوژیکی هیدروکلوئیدها به خصوص در زمانی که به منظور تغییر یا بهبود خصوصیات بافتی مواد غذایی به کار برده می شوند اهمیت خاصی دارد. زیرا یکی از فاکتورهای اصلی در مدل سازی و طراحی فرآیند می باشند [۴ و ۵ و ۶]. از طرف دیگر تأثیر شرایط محیطی مانند PH و قدرت

* مسنول مکاتبات: srazavi@ut.ac.ir

دیگری در سال ۱۹۹۴ پدیده انتقال شیشه ای مخلوط شربت ذرت و صمغ ژلان و ساکاروز بررسی شد [۱۵]. تأثیر ساکاروز بر محلول های رقیق صمغ های گوار و لوبیای لوکاست مورد بررسی قرار گرفته و بیان شد که با افزایش غلظت ساکاروز میزان گرانیروی ذاتی این دو صمغ کاهش می یابد [۱۶]. نظر به استفاده همزمان از هیدروکلئید لوکاست بین گام جهت اصلاح خواص رئولوژیک سیستم های غذایی و شیرین کننده ها بررسی تأثیر شیرین کننده های طبیعی و سنتزی بر خواص رئولوژیک هیدروکلئید لوکاست بین گام ضروری می نماید همچنین با انجام این مطالعه توان خواص رئولوژیک سیستم های غذایی حاوی لوکاست بین گام در هنگام جایگزین کردن شیرین کننده های سنتزی با شیرین کننده های طبیعی پیش بینی نمود. در این مطالعه از شش نوع شیرین کننده (ساکاروز، گلوکز، فروکتوز، اسپارتام، آسه سولفام کا و نئوتام) در ۲ سطح غلظت از هر شیرین کننده و ۲ سطح غلظت از هیدروکلئید لوکاست بین گام (۰/۵ و ۱/۵ w/v) استفاده گردید.

۲- مواد و روشها

۱- مواد

لوکاست بین گام از شرکت شرکت ایتالیایی **DANISCO** و **CULTOR Espana.S.A** تهیه گردیده است. ساکاروز، گلوکز، فروکتوز از شرکت آلمانی **Merck** تهیه شده اند اسپارتام، آسه سولفام کا، نئوتام آماده سازی نمونه ها:

برای آماده سازی محلولهای هیدروکلئید شیرین کننده ابتدا محلول با غلظتهای مشخص از لوکاست بین گام با حل کردن مقدار مناسب از آن که با استفاده از تراوزی دیجیتال با دقت **Mettler ۰/۰۰۱** ساخت سوئیس توزین شده در آب گرم و با استفاده از همزن برقی **KUNEL RW20 DZM JANKE &** تهیه می گردد. سپس شیرین کننده ها با مقادیر مشخص به آرامی به آن اضافه می گردد و با همزن یکنواخت می گردد.

آزمایشات رئولوژیکی

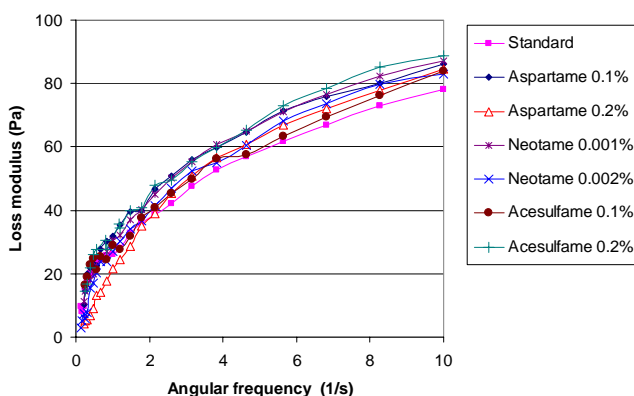
فاکتورهای مورد بررسی مدولهای افت و ذخیره محلولهای هیدروکلئیدی (G' و G'') بود که به کمک دستگاه رئومتر **Oscillatory مدل MCR-300** ساخت آلمان اندازه گیری شدند. آزمایشات در فرکانس زاویه ای ۱۰-۰/۱ هرتز و $\text{strain } 0.05\%$ انجام شد. اندازه گیریها در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد انجام شدند. نمونه های حاوی هیدروکلئید بدون شیرین کننده به عنوان شاهد مورد استفاده قرار گرفت.

۳- نتایج و بحث

۱- تأثیر شیرین کننده های سنتزی بر روی مدول

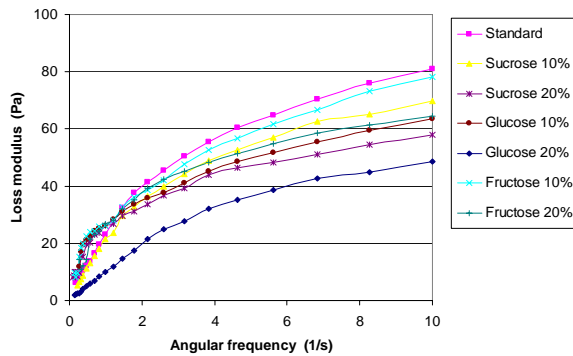
افت محلولهای لوکاست بین گام

با توجه به شکل ۱، تأثیر قندهای سنتزی بر مدول افت محلولهای **LBG** 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 پایینتر سرعت تشکیل ساختار و شبکه بیشتر بوده و بخش بزرگی از شبکه در فرکانسهای زاویه ای پایین تشکیل می شود. هر چه شیب نمودار در یک فرکانس زاویه ای بیشتر باشد نشان می دهد که تشکیل ساختار و شبکه در آن فرکانس زاویه ای بیشتر بوده و وابستگی بیشتری به فرکانس دارد.

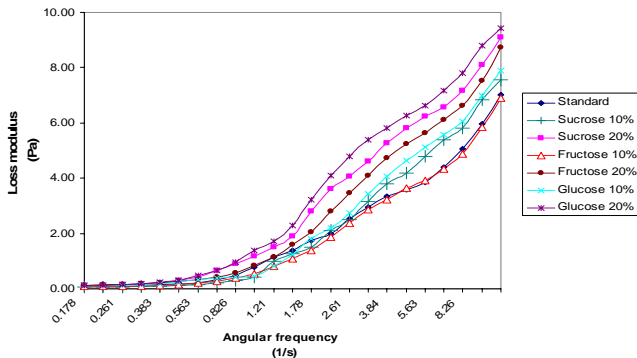


شکل ۱ تأثیر شیرین کننده های سنتزی بر روی مدول افت محلولهای **LBG** ۱/۵٪

میباشد. با توجه به مقادیر مدول افت در تیمارهای مختلف می توان گفت که تمام قندهای طبیعی باعث ممانعت از تشکیل ساختار و شبکه در بین رشته ها می شوند اما قند گلوکز ۲۰٪ دارای اثر ممانعت کنندگی بیشتری می باشد.



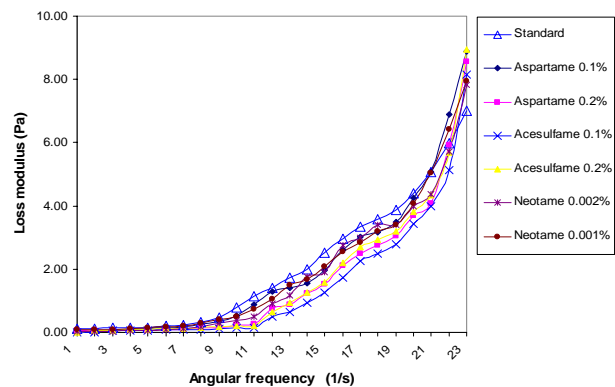
شکل ۳ تأثیر شیرین کننده های طبیعی بر روی مدول افت محلولهای LBG ۱/۵٪



شکل ۴ تأثیر شیرین کننده های طبیعی بر روی مدول افت محلولهای LBG ۰/۵٪

همانطور که در شکل ۴ دیده می شود تقریباً تمام قندهای طبیعی به جز قند فروکتوز با غلظت ۱۰٪ باعث افزایش مدول افت در محلول های ۰/۵٪ لوکاست بین گام می شوند و بیشترین تاثیر مربوط به قند گلوکز ۲۰٪ می باشد. تغییرات مدول افت در محلولهای ۰/۵٪ در فرکانسهای زاویه ای پایین کم بوده و در فرکانسهای زاویه ای بالاتر با شیب بیشتری افزایش می یابند که نشان می دهد بخش بزرگی از شبکه و ساختارهای تشکیل شده در فرکانس های زاویه ای بالا ایجاد می گردد. در اینجا نیز رفتار غالب در تعیین رئولوژیک نهایی محلول مربوط به صمغ می باشد و وجود شیرین کننده در تعیین رفتار نهایی رئولوژیک سیستم تقریباً بی تاثیر است.

در مورد نمونه های با غلظت ۰/۵٪ باید گفت همانند غلظت ۱/۵٪، تفاوتی بین تیمارهای مختلف با نمونه شاهد وجود ندارد (شکل ۲). 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 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. این نتایج با نتایج حاصل از پژوهشهای گذشته مطابقت دارد [۷].



شکل ۲ تأثیر شیرین کننده های سنتزی بر روی مدول افت محلولهای LBG 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.

۲- تأثیر شیرین کننده های طبیعی بر مدول افت

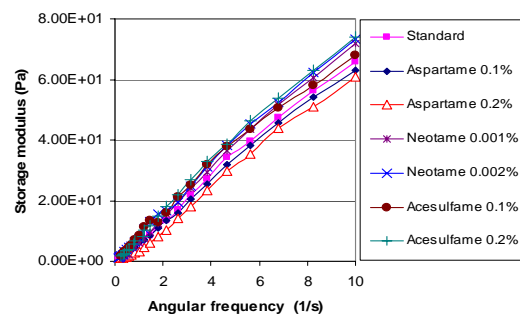
محلولهای لوکاست بین گام

با توجه به شکل ۳، می توان گفت که تقریباً تمام قندهای طبیعی باعث کاهش مدول افت محلولهای با غلظت ۱/۵٪ می شوند و در این بین فقط قند فروکتوز با غلظت ۱۰٪ با نمونه شاهد (صمغ بدون شیرین کننده) تفاوت معنی داری ندارد. همانطور که دیده میشود با افزایش غلظت قند، اثرات آنها تشدید می شود و بیشترین تاثیر مربوط به قند گلوکز با غلظت ۲۰٪ می باشد. با توجه به شیب نمودارهای شکل ۳، تشکیل شبکه و ساختار در فرکانسهای پایینتر بیشتر بوده و با سرعت بیشتری اتفاق می افتد و در فرکانسهای بالاتر کاهش

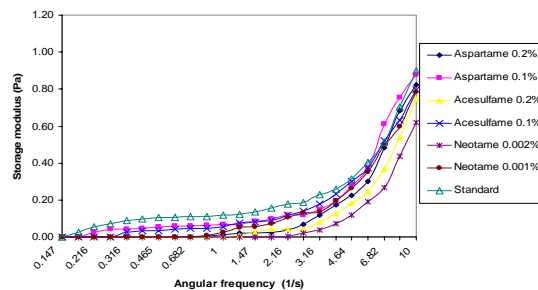
۳- تأثیر شیرین کننده های سنتزی بر مدول ذخیره

محلولهای لوکاست بین گام

همانطور که از شکل ۵ پیداست، شیرین کننده های سنتزی دارای اثرات معنی داری بر مدول ذخیره محلولهای لوکاست بین گام ۱/۵ نمی باشند و در سطح ۹۵٪ معنی دار نیست و می توان گفت که قندهای سنتزی بر مدول ذخیره محلولهای با غلظت ۱/۵ تأثیری ندارند.



شکل ۵ تأثیر شیرین کننده های سنتزی بر روی مدول ذخیره محلولهای LBG ۱/۵



شکل ۶ تأثیر شیرین کننده های سنتزی بر روی مدول ذخیره محلولهای LBG 0/5

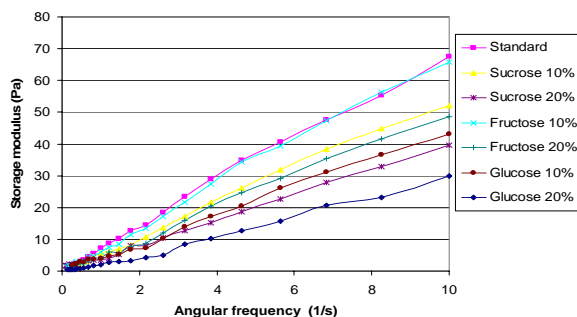
در مورد تأثیر قندهای سنتزی بر مدول ذخیره محلولهای 0/5، باید گفت در اینجا مانند غلظت ۱/۵، این اثرات معنی دار نیست (شکل ۶). در سال ۲۰۰۴ تعدادی از محققین نیز با بررسی تأثیر اسپارتام بر روی خواص رئولوژیکی سیستم های ژلی به نتایج مشابهی دست یافتند (۷). با کمی دقت می توان فهمید که تأثیر این شیرین کننده ها در مورد محلولهای با غلظت ۱/۵ فرکانسهای زاویه ای پایین تفاوت بسیار کمی با نمونه شاهد دارند و با افزایش فرکانس زاویه ای تفاوتها نیز آشکارتر می شوند و شاید بتوان حدس زد که در فرکانسهای بالاتر

اختلاف بین تیمارها و شاهد معنی دارشوند. اما در مورد محلولهای با غلظت ۱/۵، باید گفت که تفاوتها از همان ابتدا کم و بیش وجود دارد و با افزایش فرکانس زاویه ای تغییرات تقریباً ثابت می ماند. باید توجه داشت که میزان مدول ذخیره در محلولهای با غلظت ۱/۵ وابستگی بیشتری به فرکانس زاویه ای دارد و این امر از روی شیب نمودار G' در مقابل فرکانس زاویه ای کاملاً مشخص می باشد.

۴- تأثیر شیرین کننده های طبیعی بر مدول ذخیره

محلولهای لوکاست بین گام

با توجه به شکل ۷ می توان نتیجه گرفت که قندهای طبیعی همگی باعث کاهش مدول ذخیره نمونه های با غلظت ۱/۵ می شوند و در این بین قندهای مختلف و غلظتهای آنها تفاوتی وجود دارد بطوریکه با افزایش غلظت قندها در محیط، اثرات آنها تشدید در این بین قندهای مختلف و غلظتهای تفاوتی وجود دارد بطوریکه با افزایش غلظت قندها در محیط، اثرات آنها تشدید می شوند. همانطور که پیداست فقط قند فروکتوز ۱۰٪ بر روی مدول ذخیره محلولهای با غلظت ۱/۵ تأثیر معنی داری ندارد و بقیه شیرین کننده های طبیعی به کار برده شده دارای اثرات معنی داری بر روی مدول ذخیره این محلولها دارند. بیشترین تأثیر مربوط به قند گلوکز با غلظت ۲۰٪ و کمترین تأثیر معنی دار مربوط به قند ساکاروز ۱۰٪ می باشد. باید توجه کرد که در محلولهای با غلظت ۱/۵ شیب نمودارها در فرکانسهای زاویه ای مختلف تقریباً ثابت بوده که نشان می دهد تشکیل ساختار و شبکه در تمام فرکانس های زاویه ای یکسان می باشد. در اینجا نیز رفتار صمغ در تعیین رفتار رئوئی مخلوط شیرین کننده و صمغ، نقش غالب را دارد.



شکل ۷ تأثیر شیرین کننده های طبیعی بر روی مدول ذخیره محلولهای LBG ۱/۵

دو رفتار ویسکوز و الاستیک به نسبت تقریباً برابر می‌باشد و خواص ویسکوالاستیکی بهتری را نشان می‌دهد.

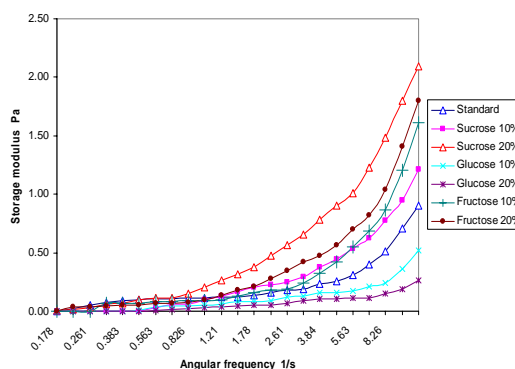
۴- نتیجه گیری

با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان بیان داشت که تاثیر شیرین کننده های طبیعی بر خواص رئولوژیکی متفاوت می‌باشد، 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 خواص رئولوژیکی هیدروکلوئیدها ندارند که این موضوع احتمالاً می‌تواند به دلیل غلظت پایین به کار رفته از آنها باشد و این احتمال وجود دارد که با افزایش غلظت اثرات آنها معنی دار شود و به طور کلی می‌توان اظهار داشت که در صورت استفاده از هیدروکلوئیدها جهت اصلاح خواص رئولوژیکی سیستم های غذایی باید اثرنوع و غلظت شیرین کننده خصوصاً شیرین کننده های طبیعی مورد ارزیابی قرار گیرد.

۵- منابع

- [1]Aliste, A. J., Vieira, F. F., & Del Mastro, N. L. 2000. Radiation effects on agar, alginates and carrageenan to be used as food additives. *Radiation Physics and Chemistry*, 57(2), 305–308.
- [2]Dogan, M., & Kayacier, A. 2004. Rheological properties of reconstituted hot salep beverage. *International Journal of Food Properties*, 7(3), 683–691.
- [3]Kayacier, A., & Dogan, M. 2006. Rheological properties of some gums-salep mixed solutions. *Journal of Food Engineering*, 72(3), 261–265.
- [4]Patmore, J. V., Goff, H. D., & Fernandes, S. 2003. Cryo-gelation of galactomannans in ice cream model systems. *Food Hydrocolloids*, 17(2), 161–169.
- [5]Marcotte, M., Taherian, A. R., & Ramaswamy, H. S. 2001. Evaluation of rheological properties of selected salt enriched food hydrocolloids. *Journal of Food Engineering*, 48(2), 157–167.

در مورد محلولهای با غلظت ۰/۵٪ نیز می‌توان نتیجه گرفت که قند گلوکز باعث کاهش مدول ذخیره می‌شود و قندهای فروکتوز و ساکاروز باعث افزایش این اندیس و الاستیکی شدن بیشتر سیستم می‌شوند. در اینجا نیز مانند غلظت ۱/۵٪، تفاوت میان تیمارها و شاهد در فرکانسهای زاویه‌ای پایین معنی‌دار نیست و با افزایش فرکانس زاویه‌ای، تفاوتها بیشتر می‌شود (شکل ۸). شیب نمودارها با افزایش فرکانس زاویه ای افزایش می‌یابد که نشان می‌دهد تشکیل ساختار و شبکه در فرکانس زاویه ای پایین کم بوده و با افزایش فرکانس زاویه ای افزایش می‌یابد. با مقایسه شیب نمودارها در فرکانس زاویه ای مختلف در هر دو غلظت ۰/۵ و ۱/۵٪ می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش غلظت هیدروکلوئید در محیط تشکیل ساختار و شبکه سریعتر انجام می‌شود.



شکل ۸ تاثیر شیرین کننده‌های طبیعی بر روی مدول ذخیره محلولهای

۰/۵ LBG

باید توجه داشت که با افزایش غلظت قندها در محیط، اثرات آنها نیز تشدید می‌شود. بیشترین تاثیر افزایشنده مربوط به قند ساکاروز ۲۰٪ می‌باشد و کمترین تاثیر 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. باید توجه داشت که مدول افت نمونه‌های ۰/۵ و ۱/۵٪ از مدول ذخیره آن کمتر است و این تفاوتها در غلظتهای پایین تر مشخص تر 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 این صمغ در غلظتهای پایین بیشتر رفتار ویسکوز از خود نشان می‌دهد و رفتار الاستیک در این حالت ناچیز است، اما در غلظتهای بالاتر، صمغ دارای هر

- [12]. Oakenfull, D., & Scott, A. (1986). Stabilization of gelatin gels by sugars and polyols. *Food Hydrocolloids*, 1(2), 163–175.
- [13]. Papageorgiou, M., Kasapis, S., & Richardson, R. K. (1994). Glassy-state phenomena in gellan–sucrose–corn syrup mixtures. *Carbohydrate Polymers*, 25, 101–109.
- [14]. Richardson, P. H., & Norton, I. T. (1998). Gelation behavior of concentrated locust bean gum solutions. *Macromolecules*, 31, 1575–1583.
- [15]. Elfak, A. M., Pass, G., Philips, G. O., & Morley, R. G. (1977). The viscosity of dilute solutions of guar gum and locust bean gum with and without added sugar. *J. Sci. Fd Agric*, 28(10), 895-899.
- [16]. Richardson, P. H., Willmer, J., & Foster, T. J. (1998). Dilute solution properties of guar and locust bean gum in sucrose solutions. *Food Hydrocolloids*, 12, 339–348.
- [6] Rao, M. A., & Anantheswaran, R. C. 1982. Rheology of fluids in food processing. *Food Technology*, 36(2), 116–126.
- [7]. Bayarri, S., Duran, L., & Costell, E. (2003). Compression resistance, sweetener's diffusion and sweetness of hydrocolloids gels. *International Dairy Journal*, 13, 643–653.
- [8]. Clark, A. H., & Ross-Murphy, S. B. (1987). Structural and mechanical properties of biopolymer gels. *Advances in Polymer science*, 83, 57–192.
- [9]. Fu, J. T., & Rao, M. A. (2001). Rheology and structure development during gelation of low-methoxyl pectin gels: the effect of sucrose. *Food Hydrocolloids*, 15, 93–100.
- [10]. Morris, E. R., Cutler, A. N., Ross-Murphy, S. B., Rees, D. A., & Price, J. (1981). Concentration and shear rate dependence of viscosity in random coil polysaccharide solutions. *Carbohydrate Polymer*, 1, 5–21.
- [11]. Moritaka, H., Nishinari, K., Nakahama, N., & 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. in Japanese with English summary.

The Effect of Natural and Synthetic Sweeteners on Rheological Behaviors of Locust Bean Gum (LBG) Solutions

Samavati, V.¹, Razavi, S. H.^{2*}

1- M.Sc. in Food Science & Engineering, Tehran University

2- Ph.D in Department of Food Science & Engineering, Tehran University

In this work, the effect of type and concentration of some sweeteners (sucrose, glucose, fructose, aspartame, acesulfame *k* and neotame) on the rheological properties of locust bean gum solutions in model system include sweeteners and hydrocolloid has been investigated. Two level of sweetener concentrations were used (10, 20% w/v for sucrose, glucose, fructose, and 0.1, 0.2% w/v for aspartame, acesulfame *k*, and 0.001, 0.002% w/v 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 locust bean gum depend on type and concentration of sweeteners. In these concentrations, the synthetic sweeteners had no effect on rheological properties of locust bean gum solution.

Keywords: Hydrocolloid, Sweetener, Rheology, Locust bean gum

* Corresponding author E-mail address : srazavi@ut.ac.ir