

ایجاد اتصالات عرضی در پکتین تفاله چغندر قند به منظور بهبود خواص عملکردی آن و بررسی تأثیر پکتین اصلاح شده بر ویژگی های کچاپ

سارا حسین پور^۱ - بهناز لایق^۲ - عسگر فرحناکی^۳ - غلامرضا مصباحی^{۴*} - مهسا مجذوبی^۵ - نازنین داراب زاده^۶

تاریخ دریافت: ۸۹/۸/۱۲

تاریخ پذیرش: ۹۰/۶/۱۵

چکیده

پکتین به عنوان ماده ایجاد کننده ژل، قوام دهنده، بافت دهنده و امولسیون کننده در بسیاری از مواد غذایی کاربرد دارد. تفاله چغندر قند از منابع سرشار از پکتین است، اما به دلیل وزن مولکولی پایین و قدرت ایجاد ژل ضعیف، استفاده از آن در صنعت غذا محدود است. در این تحقیق پس از استخراج پکتین از تفاله چغندر قند، با ایجاد اتصالات عرضی، پکتین اصلاح شده ای تولید شد که از خواص عملکردی بهتری برخوردار بود. برای ایجاد اتصالات عرضی از ماده فسفورس اکسی کلرید در pH برابر ۱۱ استفاده شد. در مرحله بعد خواص رئولوژیکی پکتین اصلاح شده و اصلاح نشده مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت و نتایج این بررسی نشان داد که پکتین اصلاح شده، ویسکوزیته بالاتری را در محلول ها پدید می آورد و با توجه به بالاتر بودن ویسکوزیته ذاتی آن، وزن مولکولی بیشتری داشته و این نکته مؤید موفقیت آمیز بودن اصلاح ساختار آن بوسیله اتصالات عرضی است. سپس خواص عملکردی هر دو نوع پکتین در سس کچاپ به عنوان یک نمونه ماده غذایی مورد بررسی قرار گرفت و با نمونه بدون پکتین مقایسه شد. نتایج نشان داد که پکتین اصلاح شده، در سیستم غذایی به طور معنی داری قوام بالاتری را نسبت به پکتین اصلاح نشده ایجاد می کند و استفاده از آن در سس، میزان آب انداختن سس را در حد بیشتری کاهش می دهد.

واژه‌های کلیدی: پکتین، تفاله چغندر قند، اتصالات عرضی، ویسکوزیته، خواص عملکردی

مقدمه

میانی دیواره سلولی گیاهان^۲ قرار دارند و معمولاً به همراه سلولز نقش ساختمانی در میوه‌ها و سبزی‌ها دارند (مجدوبی و همکاران ۱۳۸۹، ۱۹۹۵، Jarvis ۱۹۸۴، Sungsoo et al. ۲۰۰۱). دو عامل در تعیین خواص پکتین‌ها خصوصاً تشکیل ژل بسیار اهمیت دارند که عبارتند از طول زنجیره پکتیکی و درجه استریفیکاسیون پکتین. درجه استریفیکاسیون^۳ عبارت است از تعداد گروه‌های کربوکسیل متیله شده به تعداد کل گروه‌های کربوکسیل متیله شده و متیله نشده که به صورت درصد بیان می‌شود (Sungsoo et al. ۲۰۰۱, Ridley et al. ۲۰۰۱, Jarvis ۱۹۸۴).

محلول پکتین در مقایسه با محلول‌های سایر صمغ‌های گیاهی، از ویسکوزیته پایین تری برخوردار است. وجود یون کلسیم و سایر یون-

پکتین از مشتقات کربوهیدرات‌ها بوده و از منابع گیاهی عمدتاً پوست مرکبات و تفاله سیب استخراج می‌شود. گوناگونی در ساختار شیمیایی پکتین، شامل درجه استری شدن گروه‌های متوکسیل در زنجیره پلی مری گالاکتورونیک اسید، داشتن وزن‌های مولکولی متفاوت و ویژگی‌های ذاتی آن از عواملی است که توجه مداوم محققین به این صمغ را سبب شده است. مواد پکتیکی در لاملای

۱، ۲-۶ دانشجویان کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه شیراز.

۳-۵ استادیاران گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه شیراز.

۴- مربی، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه شیراز.

*- نویسنده مسئول: (Email: mesbahi@shirazu.ac.ir)

2- Middle lamella

3- DE or Degree of Esterification

این صمغ پس از منجمد کردن و خروج از انجماد تغییر نمی‌کند، قدرت جذب آب بالا و ویسکوزیته پایین دارد (Thibault et al. 1988, Levigne et al. 2002, Arsalan 1995).

در تحقیقی Thibault (۱۹۸۸) به بررسی خصوصیات و ایجاد اتصالات عرضی اکسیداتیو در پکتین چغندر قند استخراج شده از خلال^۸ و تفاله در شرایط مختلف پرداخت. در این تحقیق پکتین از چغندر قند بوسیله فرایندهای متوالی با آب، اگزالات، محلول اسیدی داغ و محلول بازی سرد و از تفاله آن در شرایط مختلف pH و حرارت استخراج شد. خصوصیات تمام این نمونه‌ها از لحاظ شیمیایی مشخص شده و برای تعیین ظرفیت ایجاد ژل با پرسولفات مورد آزمایش قرار گرفتند.

در تحقیقی دیگر Micard و همکاران (۱۹۹۹) ایجاد ژل توسط پکتین چغندر قند را که با واکنش‌های اکسیداسیون در آن اتصالات عرضی ایجاد شده بود، مورد بررسی قرار دادند، در این تحقیق از آنزیم لاکیز^۹ و هیدراته شدن پکتین استفاده شد. نتایج نشان داد که پکتین چغندر بوسیله اضافه کردن آنزیم لاکیز می‌تواند تولید ژلی نماید که قابلیت مقایسه با ژلی که با کمک مواد شیمیایی مانند آمونیم پرسولفات و یا مواد اکسیدکننده مانند هیدروژن پراکساید ایجاد شده است را دارد. به علاوه حضور اکسیژن برای عملکرد این آنزیم بسیار ضروری است.

در تحقیقی دیگر Levigne و همکاران (۲۰۰۲) به بررسی خصوصیات پکتین چغندر قند که در شرایط متفاوت در ابعاد آزمایشگاهی استخراج شده بود، پرداختند. در این مطالعه پارامترهای متفاوتی از قبیل pH، دما، زمان و نوع اسید برای استخراج پکتین از چغندر قند تازه مورد استفاده قرار گرفت. شرایط استخراج تأثیر بسیار مهمی در ساختار پکتین حاصل داشت.

در گزارشی Baydoun و همکاران (۲۰۰۴) به کنترل اتصالات عرضی پکتین استخراج شده از پوسته چغندر قند با دهیدرو دی فرولات^{۱۰} پرداختند. در این تحقیق پکتین از ریشه، ساقه و برگ چغندر قند استخراج و با استفاده از هیدروژن پروکساید و پراکسیداز در آن اتصالات عرضی ایجاد شد. پکتین استخراجی از ریشه چغندر قند، دو نوع متفاوت از وزن مولکولی ۱۰ کیلو دالتون و ۷۶ کیلو دالتون را نشان داد. پکتین ساقه و ریشه در وزن مولکولی و میزان فرولات بسیار مشابه بودند و میزان افزایش وزن مولکولی بعد از ایجاد اتصالات عرضی نیز در آنها مشابه بود، اما افزایش ویسکوزیته در پکتین ساقه بسیار کمتر از پکتین ریشه بود. پکتین استخراجی از بافت برگها دارای وزن مولکولی پایین و میزان کمی از فرولات بود.

در یک پژوهش Mesbahi و همکاران (۲۰۰۵) پکتین استخراجی

های دو ظرفیتی، ویسکوزیته محلول پکتین دارای درجه استری کم^۱ را افزایش داده و سبب ایجاد ژل می‌شود (فرحناکی و همکاران ۱۳۸۸، Jarvis 1984, Willats et al. 2001). پکتین به دلیل داشتن گروه-های آبدوست فراوان، به میزان زیادی آب جذب می‌کند و یک سیستم کلوئیدی تشکیل می‌دهد. به لحاظ تئوری ژل پکتین در حالتی پدید می‌آید که پلیمر پکتین از نظر وضعیت انحلال، ما بین حالت انحلال کامل و حداقل انحلال (رسوب) باشد. بر اساس این تئوری، رشته‌های مولکولی پکتین در نقاطی توسط اتصالات بین رشته‌ای، عمدتاً از نوع باندهای هیدروژنی و واکنش‌های هیدروفوبیک به یکدیگر متصل می‌شوند که اصطلاحاً گفته می‌شود در این نواحی کریستالیزاسیون محدود^۲ یا موضعی^۳ صورت گرفته است و نقاط مذکور را نواحی اتصال^۴ می‌نامند. در اثر این اتصالات بین رشته‌ای، شبکه‌ای سه بعدی به وجود می‌آید که در بین رشته‌های آن آب، شکر و سایر مواد محلول گرفتار می‌شوند و ژل حاصل می‌شود (فرحناکی و همکاران ۱۳۸۸). پکتین‌هایی که درجه متیلاسیون آنها بالاست برای تشکیل ژل به میزان زیادی قند نیاز دارند. هرچه درجه متیلاسیون پکتین کمتر باشد به قند کمتری نیاز است، به شرط آنکه فلزات دو ظرفیتی و خصوصاً کلسیم در محیط موجود باشد. تشکیل ژل توسط پکتین دارای درجه استری زیاد^۵ اغلب در pH حدود ۲/۸-۳/۴ صورت می‌گیرد و در pH بالای ۳/۵ با این نوع پکتین، معمولاً تشکیل ژل صورت نمی‌گیرد. زمانی که بیش از نیمی از گروه‌های کربوکسیل غیر متیله باشند، تشکیل ژل می‌تواند حتی بدون حضور قند صورت گیرد، در این حالت pH می‌تواند از ۲/۵-۶/۵ متغیر باشد (Willats et al. 2001, Sungsoo et al. 2001, Jarvis 1984).

تفاله سیب، تفاله چغندر، سر گل آفتابگردان^۶ و پوست مرکبات مهمترین منابع تولید پکتین هستند. سر گل آفتابگردان و تفاله چغندر قند بیشترین مقدار از این فیبر را دارا هستند. مقدار پکتین در این منابع بین ۲۵-۱۵٪ است با این حال در مقیاس تجاری از پوست مرکبات، خصوصاً لیمو و در مراتب بعدی پوست پرتقال و گریپ فروت، و تفاله سیب^۷ برای تولید پکتین تجاری استفاده می‌شود، زیرا پکتین چغندر قند قدرت ایجاد ویسکوزیته و تشکیل ژل ضعیفی دارد. علت این امر را به وزن مولکولی پایین، درجه استیله شدن بالا و مقدار زیاد شاخه‌های جانبی پکتین چغندر قند نسبت می‌دهند. با این حال از پکتین چغندر قند به دلیل ویژگی‌های منحصر به فرد آن در فرمولاسیون‌های خاص می‌توان استفاده کرد. خواص فیزیوشیمیایی

- 1- LM-Pectin
- 2- Limited crystallization
- 3- Local crystallization
- 4- Junction zones
- 5- HM-Pectin
- 6- Sunflower head
- 7- Apple pomace

8- Cossettes

9- Laccase

10- Dehydrodiferulate

در دمای ۵ درجه سانتیگراد نگهداری شده و سپس به مدت ۲۰ دقیقه با سرعت ۵۰۰۰ دور در دقیقه در دمای ۱۰ درجه سانتیگراد در دستگاه سانتریفیوژ مجهز به سیستم تنظیم دما^۲ سانتریفیوژ شد. پکتین ته نشین شده دوباره با حجم مساوی از ایزوپروپیل الکل مخلوط و به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شد تا به صورت بهتری خالص سازی شود. پکتین به دست آمده در آن تحت خلأ در دمای ۶۰ درجه سانتیگراد خشک گردید. سپس با استفاده از آسیاب به پودر تبدیل شد (Mesbahi et al. 2005).

ایجاد اتصالات عرضی در پکتین

برای ایجاد اتصالات عرضی^۳ در پکتین تولیدی از تفاله چغندر قند، چغندر قند، از ماده فسفورس اکسی کلرید^۴ استفاده شد. در این روش ۱۰۰ گرم از پکتین تولیدی با ۱۴۰ گرم آب مقطر حاوی ۲ گرم سدیم بی سولفات مخلوط گردید. سپس با استفاده از محلول سود نرمال، pH آن در حد ۱۱ تنظیم شد. در مرحله بعد ۰/۳ گرم ماده فسفورس اکسی کلرید اضافه گردید و مدت یک ساعت در دمای اتاق مخلوط شد تا واکنش های لازم صورت گیرد. در نهایت با افزودن محلول اسید کلریدریک نرمال، pH در حد ۵/۵ تنظیم شد. در واقع به ازای هر ۱۰۰ گرم پکتین، مقدار ۰/۳ گرم ماده فسفورس اکسی کلرید استفاده شد. دلیل انتخاب این غلظت، آن بود که غلظت های بالاتر، از جنبه مصرف غذایی با مشکل روبرو بود و غلظت های کمتر نیز توان لازم برای ایجاد اتصالات عرضی را نداشت (Woo et al. 1997, Singh et al. 2007, Seker et al. 2006, Majzoobi et al. 2009). آنگاه به محلول حاوی پکتین، الکل اضافه شد تا پکتین رسوب کند و ۱۲ ساعت در دمای ۵ درجه سانتی گراد نگهداری شد. در مرحله بعد تحت شرایط عنوان شده در مرحله استخراج پکتین، محلول سانتریفیوژ شده و پکتین حاصل در دمای ۶۰ درجه سانتی گراد، تحت خلأ خشک شد، سپس آسیاب شده و برای استفاده در آزمایش های بعدی به پودر تبدیل شد.

اندازه گیری ویسکوزیته ظاهری محلول های پکتین

برای اندازه گیری ویسکوزیته ظاهری از غلظت های مختلف پکتین (۱/۵، ۱/۲۵، ۱، ۰/۷۵ درصد) که در آب مقطر حل شده بود، استفاده شد و ویسکوزیته ظاهری محلول در دمای ۲۷ درجه سانتیگراد با استفاده از ویسکومتر بروکفیلد^۵ و پروب سی پی ۵۱ اندازه گیری

از تفاله چغندر را در شرایط مختلف از نظر ایجاد ژل و تأثیر بر ویسکوزیته مورد بررسی قرار دارند. تحقیق مذکور با این نتیجه گیری همراه بود که پکتین تفاله چغندر قند به دلیل وزن مولکولی کم از نظر ایجاد ویسکوزیته و پدید آوردن ژل ضعیف عمل می کند.

در تحقیقی Yapo و همکارانش (۲۰۰۷) تأثیر شرایط استخراج بر روی بازدهی، خلوص و خصوصیات سطحی پکتین استخراج شده از تفاله چغندر قند را مورد بررسی قرار دادند.

در گزارشی دیگر Yapo (۲۰۰۹) مقدار پکتین، ترکیبات و رفتارهای فیزیکوشیمیایی متأثر از فرآیندهای خالص سازی را مورد بررسی قرار داد. برای بررسی تأثیر خالص سازی در میزان پکتین، خلوص و خصوصیات ماکرومولکولها و توانایی ایجاد ژل، سه نوع پکتین، مورد بررسی قرار گرفتند.

در یک تحقیق دیگر Majzoobi و همکاران (۲۰۰۹) انجام موفقیت آمیز ایجاد اتصالات عرضی در نشاسته گندم بوسیله ماده فسفورس اکسی کلرید را گزارش کردند.

با توجه به اینکه تفاله چغندر قند وزن مولکولی پایینی دارد که کاربرد آن را در صنعت غذا محدود کرده است، هدف از پژوهش این بوده است که با ایجاد اتصالات عرضی در پکتین استخراجی از تفاله چغندر قند به روش شیمیایی و با استفاده از ماده فسفورس اکسی کلرید، وزن مولکولی آن را افزایش داده و خواص عملکردی آن را بهبود داد و سپس تأثیر دو نوع پکتین بر خواص سس کچاپ مورد مطالعه قرار گیرد.

مواد و روش ها

استخراج پکتین

برای استخراج پکتین از تفاله چغندر قند، ابتدا ۳۰ گرم پودر تفاله چغندر قند خشک شده با ۵۰ برابر حجمی خود آب مقطر مخلوط شده و ضمن همزدن به مدت ۴۵ دقیقه در حمام آب گرم با دمای ۷۰ درجه سانتیگراد قرار داده شد. سپس با استفاده از قیف جدا کننده، قسمت محلول جدا و دور ریخته شد. تفاله باقیمانده مجدداً با ۵۰ برابر وزنی آب مقطر مخلوط و با استفاده از اسید هیدروکلریدریک غلیظ pH آن روی ۱ تنظیم شد. سپس به مدت ۴ ساعت ضمن همزدن مداوم در دمای ۸۰ درجه سانتیگراد در حمام آب گرم نگهداری شد. در مرحله بعد با استفاده از قیف جدا کننده، تفاله ها جدا سازی شده و دور ریخته شد. محلول صاف شده محتوی پکتین با محلول هیدروکسید سدیم (غلظت وزنی ۱ به ۵) به pH ۳-۳/۲ رسانده شد. سپس به محلول حاصل، ایزوپروپیل الکل یا ۲-پروپانول^۱ به نسبت حجمی ۱ به ۱ افزوده شد. محلول به دست آمده به مدت ۱۲ ساعت در یخچال

2- Sorvall, Superspeed refrigerated centrifuge, model RC-5, USA

3- Cross-link

4- Phosphorus oxychloride (POCl₃)

5- Brookfield viscometer, DVII plus, Brookfield engineering, USA

6- CP51

1- 2-propanol, 99%, Merck

ویسکومتر

ویسکوزیته ذاتی $[\eta]$ ، ویژگی ذاتی ماکروملکول‌ها در محلول است، در واقع این فاکتور بیانگر حجم اشغال شده بوسیله یک ملکول منفرد از پلیمر به صورت مجزا می‌باشد. در محلول‌های رقیق، زنجیره پلیمر به صورت مجزا از یکدیگر هستند و ویسکوزیته ذاتی یک پلیمر، در محلول به اندازه زنجیره پلیمر بستگی دارد. به عبارت دیگر ویسکوزیته ذاتی نشان دهنده حجم هیدرودینامیک ملکول پلیمری بوده و به وزن ملکولی آن وابسته است (Rao 1999). از اطلاعات مربوط به ویسکوزیته محلول‌های پلیمری رقیق (مانند محلول رقیق پکتین) می‌توان برای تعیین ویسکوزیته ذاتی آن‌ها استفاده کرد. در این زمینه معادله هاگینز^۷ به صورت زیر مطرح است (Mitchell et al. 1995).

$$\frac{\eta_{sp}}{c} = [\eta] + K'[\eta]^2 c \quad (5)$$

در معادله فوق، مقدار $(\frac{\eta_{sp}}{c})$ نشان دهنده ویسکوزیته کاهش یافته (η_{red}) و (η_{sp}) نشان دهنده ویسکوزیته ویژه و (K') ضریب ثابت هاگینز و c غلظت محلول هیدروکلئیدی می‌باشد. از معادله هاگینز برای محاسبه ویسکوزیته ذاتی از طریق تعیین ویسکوزیته کاهش یافته استفاده می‌شود. برای به دست آوردن ویسکوزیته ذاتی، پس از تعیین ویسکوزیته کاهش یافته در غلظت‌های مختلف محلول حاوی هیدروکلئید، نمودار ویسکوزیته کاهش یافته در برابر غلظت رسم شد. خط مربوط به ویسکوزیته کاهش یافته در مقابل غلظت، به سمت غلظت صفر برون‌یابی گردید. نقطه تلاقی نمودار با محور y ویسکوزیته ذاتی را نشان می‌دهد و واحد آن دسی لیتر بر گرم می‌باشد (Harding, 1997). برای به دست آوردن عرض از مبدأ نمودار می‌توان از معادله خط نمودار مذکور استفاده کرد.

آزمایشات مربوط به سس کچاپ حاوی پکتین

برای ارزیابی تأثیر پکتین اصلاح شده با اتصالات عرضی در سیستم غذایی و مقایسه آن با پکتین اصلاح نشده، ۱٪ از هر نمونه پکتین (اصلاح نشده و اصلاح شده) به فرمولاسیون یکسانی از سس کچاپ با درصد ماده خشک ۲۸ اضافه شد و تأثیر آن بر رنگ، طعم، قوام، میزان آب‌اندازی^۸ محصول مورد ارزیابی قرار گرفت (Sahin et al. 2007). نمونه شاهد در تمام آزمایشات نمونه بدون اضافه کردن پکتین بود. برای تولید سس کچاپ از رب گوجه فرنگی با بریکس ۲۸ (۴۵٪)، شکر (۵٪)، نمک طعام (۰/۵٪)، سرکه با درصد اسید ۵ (۹/۲٪)، ادویه جات (۰/۴٪)، پکتین (۰/۱٪) و آب (تا رسیدن

گیری شد. pH نمونه‌ها پس از تولید ۳/۹ بود. اندازه‌گیری ویسکوزیته ظاهری در محدوده سرعت برشی ۲۰۰-۵۰ (s⁻¹) بر حسب میلی پاسکال ثانیه انجام شد و سپس رفتار رئولوژیکی نمونه‌ها مورد بررسی قرار گرفت و مقادیر ضریب قوام (K) بر حسب میلی پاسکال ثانیه و شاخص رفتار جریان (n) به وسیله نمودارهای تنش برشی در برابر سرعت برشی و با استفاده از قانون توان به عنوان تابعی از غلظت صمغ و دما به دست آمد.

$$\tau = K\dot{\gamma}^n \quad (1)$$

در فرمول فوق؛ τ ، نشان دهنده تنش برشی؛ $\dot{\gamma}$ ، سرعت برشی، K، ضریب قوام و n شاخص رفتار جریان می‌باشد (Worlow 1986, Bourne 1982)

تعیین ویسکوزیته ذاتی محلول پکتین

برای اندازه‌گیری فاکتورهای مؤثر در تعیین ویسکوزیته ذاتی هیدروکلئید از ویسکومتر لوله موئین یا ویسکومتر U شکل^۲ مدل سات‌گریت^۳ ساخت آلمان استفاده شد. برای این کار محلول‌های هیدروکلئیدی با غلظت کمتر از غلظت بحرانی تولید شده و سپس ۲ میلی‌لیتر از محلول را در قسمت لوله بزرگتر ریخته شد و بعد قسمت بالایی لوله به پمپ متصل شد. بعد از روشن کردن پمپ مواد از طرف دیگر لوله بالا می‌روند. وسط لوله دوم یک لوله موئین تعبیه شده است. لوله موئین به طور کامل در حمام آب گرم قرار گرفت.

وقتی که محلول به قسمت علامت بالایی لوله رسید، پمپ را خاموش کرده و اجازه داده شد که محلول تحت نیروی وزن خود پایین بیاید. زمانی که طول می‌کشد تا مایع از خط بالا به خط پایین برسد با استفاده از زمان سنج اندازه گرفته شد. این زمان با ویسکوزیته محلول رابطه مستقیم دارد. سپس از معادلات زیر برای تعیین ویسکوزیته نسبی (η_{rel}) ^۴، ویژه (η_{sp}) ^۵ و کاهش یافته (η_{red}) ^۶ استفاده شد:

$$\eta_{rel} = \frac{t}{t_0} \quad (2)$$

$$\eta_{sp} = \eta_{rel} - 1 \quad (3)$$

$$\eta_{red} = \frac{(\eta_{rel} - 1)}{c} \quad (4)$$

که t : زمان لازم برای عبور محلول هیدروکلئیدی بین دو خط نشانه ویسکومتر

t_0 : زمان لازم برای عبور آب خالص (حلال) بین دو خط نشانه

- 1- Intrinsic viscosity
- 2- U-tube viscometer
- 3- Schott Gerate
- 4- Relative viscosity
- 5- Specific viscosity
- 6- Redused viscosity

7- Huggins equation

8- Syneresis

اندازه گیری پارامترهای L^* ، a^* و b^* در این برنامه استفاده می‌شود. به این صورت که عکسبرداری تحت شرایط کنترل شده نوری انجام گرفت و سپس چند نقطه مناسب از عکس، انتخاب شده و پس از استخراج پارامترهای رنگی، میانگین آنها بیان گردید. در این آزمایش L^* بیانگر میزان روشنایی نمونه است که دامنه آن از ۰ تا ۱۰۰ متغیر می‌باشد، پارامتر a^* بیانگر قرمزی و b^* بیانگر زردی می‌باشند که دامنه آن‌ها از ۱۲۰ تا ۱۲۰ می‌باشد (فرحناکی و همکاران ۱۳۸۷).

تجزیه تحلیل آماری نتایج

در این پژوهش آزمایش‌ها در سه تکرار صورت گرفت و از طرح آماری کاملاً تصادفی استفاده شد. داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS و آزمون دانکن در سطح $(p \leq 0/05)$ مورد آنالیز آماری قرار گرفت.

نتایج و بحث

بررسی ویسکوزیته ظاهری محلول‌های حاوی پکتین

نتایج حاصل از مقایسه ویسکوزیته ظاهری محلول‌های حاوی پکتین اصلاح شده با ایجاد اتصالات عرضی و پکتین اصلاح نشده تفاله چغندر قند در جدول شماره ۱ آورده شده است. نتایج نشان داد که ویسکوزیته ظاهری محلول پکتین اصلاح شده به طور معنی داری بیشتر از ویسکوزیته محلول‌های حاوی پکتین اصلاح نشده است. در این آزمایش K ضریب قوام و واحد آن میلی پاسکال ثانیه است. این نتایج مؤید آن است که بروز تغییرات در ساختار پکتین تفاله چغندر قند در اثر تیمار اعمال شده، خواص عملکردی آن را از جنبه ایجاد ویسکوزیته بهبود داده است که با نتایج حاصل توسط محققینی مانند Baydoun و همکاران (۲۰۰۴) و Micard و همکاران (۱۹۹۹) مطابقت نشان می‌دهد، گرچه روش ایجاد اتصالات عرضی در پکتین چغندر قند توسط آن‌ها، با این تحقیق، تفاوت داشت.

مجموع به ۱۰۰٪ استفاده شد. ابتدا آب و رب مخلوط شد سپس ادویه‌ها و نمک به آن افزوده شد و به مدت ۲۰ دقیقه پخت انجام گردید، آنگاه شکر و پکتین افزوده شد و تا رسیدن به بریکس ۲۸ حرارت داده شد. بعد سس تولیدی در بطری‌های شیشه‌ای بسته بندی گردید و در حمام آب جوش به مدت ۱۵ دقیقه پاستوریزه شد.

ارزیابی قوام سس کچاپ حاوی پکتین

برای ارزیابی قوام نمونه‌های سس کچاپ حاوی پکتین اصلاح شده و اصلاح نشده از دستگاه قوام سنج بوستویک^۱ استفاده شد. به این صورت که ابتدا دستگاه روی یک سطح صاف قرار داده شده و تراز شد. سپس نمونه سس، داخل مخزن دستگاه ریخته شده و در یک لحظه به سرعت دریچه دستگاه برداشته شد. با استفاده از یک زمان سنج دقیق، میزان حرکت نمونه‌ها طی سی ثانیه اندازه گیری شده و عدد بوستویک بر حسب سانتی متر در سی ثانیه در دمای ۲۵ درجه گزارش شد (Porreta 1991).

اندازه گیری میزان سرم جدا شده (میزان آب اندازی)

نمونه‌های سس کچاپ

برای انجام این آزمایش ۱۰۰ گرم از نمونه شاهد، نمونه حاوی پکتین اصلاح نشده و نمونه حاوی پکتین اصلاح شده در ظروف مخصوص سانتریفیوژ ریخته شده و نمونه‌ها در دمای محیط و با سرعت ۵۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شد. پس از سانتریفوژ شدن، درصد آب جدا شده به صورت وزنی محاسبه شد (Sahin et al. 2007).

ارزیابی رنگ سس کچاپ حاوی پکتین

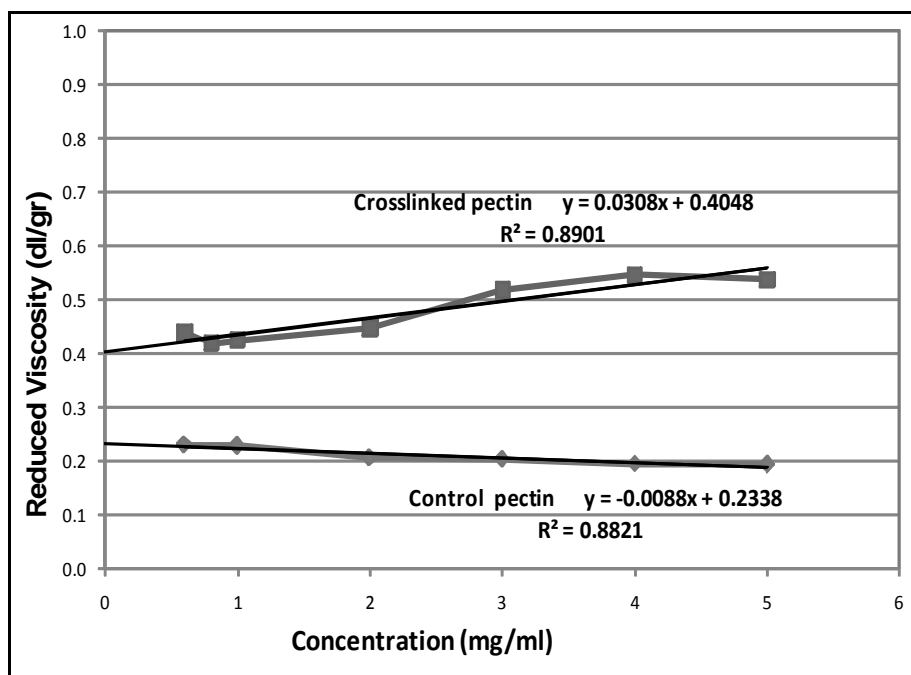
جهت اندازه گیری رنگ، از روش تفکیک رنگ‌های به دست آمده از تصویر سس کچاپ توسط دوربین دیجیتال، در برنامه فتوشاپ و

جدول ۱- مقایسه تأثیر مقدار و نوع پکتین (اصلاح شده با ایجاد اتصالات عرضی و پکتین اصلاح نشده) استخراجی از تفاله چغندر قند بر ضریب

قوام محلول‌های پکتین

غلظت پکتین (/.)				ضریب قوام
۰/۷۵	۱	۱/۲۵	۱/۵	(mPa.s ⁿ)
a, A, ۰/۱۶±۷/۷۹	b, A, ۰/۴±۱۱/۳۶	b, A, ۱/۰۵±۱۱/۵۰	c, A, ۱/۶۱±۱۵/۸۷	پکتین اصلاح نشده
a, B, ۰/۹۶±۱۷/۴۰	b, B, ۲/۷۰±۳۵/۳۰	c, B, ۳/۹۹±۴۵/۲۰	d, B, ۳/۲۶±۸۷/۲۶	پکتین اصلاح شده

*حروف کوچک متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی دار ($p \leq 0.05$) در هر ردیف، و حروف بزرگ متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی دار در هر ستون می‌باشد.



شکل ۱- نمودار تغییرات ویسکوزیته کاهش یافته در برابر غلظت محلول‌های پکتین (اصلاح شده و اصلاح نشده) استخراجی از تفاله چغندر قند، عرض از مبدأ این نمودار ویسکوزیته ذاتی را نشان می‌دهد.

جدول ۲- مقایسه تأثیر نوع پکتین استخراج شده از تفاله چغندر قند بر خصوصیات نمونه‌های سس کچاپ

نمونه کچاپ		خصوصیات
حاوی پکتین اصلاح شده	حاوی پکتین اصلاح نشده	شاهد
^a ۰/۰۵±۲/۶۳	^b ۰/۱۷±۳/۸۰	^b ۰/۱۱±۳/۹۳
^a ۳/۱۷±۳/۴	^a ۱/۲۰±۳/۶/۸	^a ۳/۱۷±۳۷/۰۶
^a ۱/۵۰±۳/۲/۶	^{ab} ۲/۲۷±۳/۴/۲	^b ۱/۵۰±۳۷/۲۶
^a ۲/۴۷±۳/۴/۸۶	^a ۱/۶۲±۳/۷/۴۶	^b ۲/۸۷±۴۱/۷۳
^a ۱/۱۵±۳/۸/۹۰	^b ۰/۹۴±۴/۵/۵۸	^b ۰/۱۵±۴۳/۸۷
		سرمد جدا شده (%)

حروف کوچک متفاوت، نشان دهنده اختلاف معنی دار ($p \leq 0.05$) در هر ردیف می‌باشد.

نتایج مربوط به استفاده از پکتین اصلاح شده و

پکتین اصلاح نشده در سس کچاپ

اندازه گیری قوام نمونه‌های سس کچاپ تولید شده حاوی پکتین اصلاح شده و اصلاح نشده تفاله چغندر قند با استفاده از دستگاه بوستویک صورت گرفت. واحد اندازه گیری در این دستگاه، سانتی‌متر در سی ثانیه است و در حقیقت دستگاه وضعیت تحرک و سیالیت نمونه‌های مورد آزمایش را اندازه گیری می‌کند و عکس قوام را نشان می‌دهد. هر چه مقدار عددی این فاکتور کمتر باشد، نشان دهنده سرعت حرکت کمتر سیال و در نتیجه قوام بیشتر آن است. نتایج حاصل از این آزمایش (جدول ۲) نشان داد که قوام سس کچاپ حاوی پکتین اصلاح شده به طور معنی دار ($p \leq 0/05$) بیشتر از قوام سس کچاپ حاوی پکتین اصلاح نشده و سس کچاپ بدون پکتین (شاهد) است. این مطلب نیز گویای آن است که خواص عملکردی

بررسی ویسکوزیته ذاتی

ویسکوزیته ذاتی پکتین اصلاح شده و اصلاح نشده تفاله چغندر قند با استفاده از نمودار آورده شده در شکل ۱ به دست آمد. نتایج نشان داد که ویسکوزیته ذاتی پکتین اصلاح شده که $۰/۴۰۴$ دسی لیتر بر گرم محاسبه شده بود به طور معنی دار ($p \leq 0/05$) بیشتر از ویسکوزیته ذاتی پکتین اصلاح نشده ($۰/۲۳۳$ دسی لیتر بر گرم) می‌باشد. بالاتر بودن ویسکوزیته ذاتی مربوط به پکتین اصلاح شده نسبت به پکتین اصلاح نشده به دلیل بیشتر بودن وزن مولکولی پکتین اصلاح شده است که می‌تواند بروز اتصالات عرضی در پکتین اصلاح شده را به اثبات برساند و با تحقیقات محققینی مانند Baydoun و همکاران (۲۰۰۴) هماهنگی نشان می‌دهد.

نتیجه گیری

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که با استفاده از روش ایجاد اتصالات عرضی بر روی پکتین استخراجی از تفاله چغندر قند می‌توان پکتین اصلاح شده‌ای را بدست آورد که از توانایی پدید آوردن ویسکوزیته بالاتر و خواص عملکردی مطلوب‌تر نسبت به پکتین اصلاح نشده برخوردار است. همچنین بررسی ویسکوزیته ذاتی پکتین‌ها نشان داد که پکتین اصلاح شده تولیدی، وزن ملکولی بیشتری داشته و این نکته مشخص می‌سازد که عملیات ایجاد اتصالات عرضی بر روی پکتین تفاله چغندر قند به خوبی صورت گرفته است. همچنین، استفاده از این نوع پکتین اصلاح شده در برخی محصولات غذایی مثل سس کچاپ، سبب ایجاد قوام مناسب‌تر محصول و کاهش پدیده آب اندازی در آن شده، بدون آنکه رنگ محصول را نا مطلوب سازد، لذا در محیط‌های غذایی نیز عملکرد قابل قبولی را نشان می‌دهد.

قدردانی

از همه عزیزانی که ما را در انجام این پژوهش یاری داده‌اند، بویژه هسته کارآفرینی دانشگاه شیراز کمال قدردانی را دارد.

پکتین با ایجاد اتصالات عرضی بهبود یافته است و این تغییر در محیط‌های غذایی نیز خود را نشان می‌دهد.

نتایج جدول ۲ مقایسه رنگ نمونه‌های سس کچاپ حاوی پکتین اصلاح شده و اصلاح نشده تفاله چغندر قند را نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که با کاربرد پکتین اصلاح شده و اصلاح نشده در فرمولاسیون کچاپ، رنگ نمونه از نظر فاکتور L^* (روشنایی) و a^* (قرمزی) تفاوت معنی دار ($p \leq 0/05$) با یکدیگر و با نمونه فاقد پکتین ندارند، اما فاکتور b^* (زردی) در نمونه‌های حاوی پکتین اصلاح شده تا حدودی کمتر از دو نمونه دیگر است. این نتایج مؤید آن است که افزودن پکتین اصلاح شده به سس کچاپ تأثیر نامطلوبی در رنگ سس به ویژه از نظر فاکتور L^* که نشانگر روشنایی سس است، به وجود نمی‌آورد و رنگ آن را تیره نمی‌کند. خصوصیت دیگر مورد بررسی، وضعیت آب انداختن نمونه‌های سس پس از افزودن پکتین به آنها بود. تجزیه و تحلیل آماری نتایج حاصل از اندازه گیری میزان آب اندازی نمونه‌های سس کچاپ نشان می‌دهد که نمونه شاهد و نمونه حاوی پکتین اصلاح نشده تفاله چغندر قند از نظر میزان آب اندازی تفاوت معنی داری با هم ندارند، اما میزان آب اندازی نمونه حاوی پکتین اصلاح شده به طور معنی‌داری از هر دو نمونه فوق کمتر است (جدول ۲). به عبارت دیگر پکتین اصلاح شده با اتصالات عرضی در جذب و نگهداری آب موجود در سس کچاپ بهتر از پکتین اصلاح نشده عمل کرده است که نشان می‌دهد خواص عملکردی سس کچاپ حاوی پکتین اصلاح شده بهبود پیدا کرده است.

منابع

- فرحناکی، ع. مجذوبی، م. مصباحی، غ. (۱۳۸۸). خصوصیات و کاربردهای هیدروکلوئیدها در مواد غذایی و دارویی. نشر علم کشاورزی ایران، تهران.
- فرحناکی، ع. افشاری جویباری، ج. رادی، م. (۱۳۸۷). بررسی امکان استفاده از نرم افزار فتوشاپ برای اندازه گیری رنگ مواد غذایی و مقایسه آن با سیستم دستگاهی هاتترلب: بررسی تغییرات رنگ رطب مضافتی بم در طی رساندن مصنوعی. هجدهمین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی، مشهد.
- مجدوبی، م. مصباحی، غ. سریری، ف. فرحناکی، ع. جمالیان، ج. (۱۳۸۹). اثر تفاله چغندر قند بر کیفیت نان بربری. مجله پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران. دانشگاه فردوسی مشهد. ۶ (۱): ۲۶-۱۷.
- Arsalan, N. (1995). Extraction of pectin from sugar beet pulp and intrinsic viscosity-molecular weight relationship of pectin solution. *Journal of Food Science and Technology*, 32 (5): 381-385.
- Baydoun, A.-H., Pavlencheva, N. Cumming, C. M., Waldron, K. W. and Christopher, T. B. (2004). Control of dehydrodiferulate cross-linking in pectins from sugar-beet tissues. *Phytochemistry*, 65: 1107-1115.
- Bourne, M.C. (1982). *Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement*. Academic press, Inc., USA.
- Jarvis, M. C. (1984). Structure and properties of pectin gels in plant cell walls. *Plant. Cell and Environment*, 7: 153-164.
- Harding, S. E. (1997). The intrinsic viscosity of biological macromolecules. *Progress in measurement, interpretation and application to structure in dilute solution. Progress in Biophysics and Molecular Biology*, 68 (2): 207-262.
- Levigne, S., Relet, M. C., Thibault, J. F. (2002). Characterisation of pectins extracted from fresh sugar beet under different conditions using an experimental design. *Carbohydrate Polymers*, 49: 145-153.
- Majzoubi, M., Radi, M., Farahnaky, A., Jamaljan, J., Tongdang, T. (2009). Physico-chemical properties of phosphoroyl chloride cross-linked wheat starch. *Iranian Polymer Journal*, 18(6): 491-499.
- Mesbahi, G., Jamaljan, J., Farahnaky, A. (2005). A comparative study on functional properties of beet and citrus pectins in food systems. *Food Hydrocolloids*, 19: 731-738.

- Micard, V., Thibault, J.-F. (1999). Oxidative gelation of sugar-beet pectins: use of laccases and hydration properties of the cross-linked pectins. *Carbohydrate polymers*, 39: 265-273.
- Mitchell, L. R. and Ledward, D. A. (1985). *Functional Properties of Food Macromolecules*. Elsevier Science Publisher, Inc., New York, USA.
- Porretta, S. (1991). Analytical profiling of ketchup. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 57: 293-301.
- Rao, M. A. (1999). *Rheology of Fluid and Semisolid Foods, Principles and Applications*. Aspen Publishers, Inc., USA.
- Ridley, B. L., O'Neill, M. A., Mohnen, D. (2001). Pectins: structure, biosynthesis, and oligogalacturonide-related signaling. *Phytochemistry*, 57: 929-967.
- Sahin, H. and Ozdenir, F. (2007). Effect of some hydrocolloids on the serum separation of different formulated ketchups. *Journal of food Engineering*, 81: 437-446.
- Seker, M. and Hanna, M. (2006). Sodium hydroxide and trimetaphosphate levels affect properties of starch extrudates. *Ind. Crops Prod.*, 23: 249-255.
- Singh, J., Kaur, L. and McCarthy, O. (2007). Factors influencing the physico-chemical, morphological, thermal and rheological properties of some chemically modified starches for food applications-A review. *Food Hydrocolloids.*, 21: 1-22.
- Sungsoo Cho, S., Dreher, M. L. (2001). *Handbook of Dietary Fiber*. New York: Marcel Dekker, Inc.
- Thibault, J. F. (1988). Characterization and oxidative cross linking of sugar-beet pectins extracted from cossettes and pulps under different conditions. *Carbohydrates Polymers*, 8: 209-223.
- Willats, W. G. T., McCartney, L., Mackie, W., Knox, P. (2001). Pectin: cell biology and prospects for functional analysis. *Plant Molecular Biology*, 47: 9-27.
- Woo, K. and Seib, P. (1997). Cross-linking of wheat starch and hydroxypropylated wheat starch in alkaline slurry with sodium trimetaphosphate, *Carbohydr. Polym.*, 33: 263-271.
- Worlow, R. W. (1986). *Rheological Techniques*. Ellis Horwood Limited, England.
- Yapo, B. M., Robert, C., Etienne, I., Wathelet, B. And Paquot, M. (2007). Effect of extraction conditions on the yield, purity and surface properties of sugar beet pulp pectin extracts. *Food Chemistry*, 100: 1356-1364.
- Yapo, B. M. (2009). Pectin quantity, composition and physicochemical behaviour as influenced by the purification process. *Food Research International*, 42: 1197- 1202.

Cross-linking of Sugar Beet Pectin to Improve Its Functional Properties And Investigation of Effect of the Modified Pectin on Ketchup Characteristics

S. Hoseinpoor¹ - B. Layegh² - A. Farahnaky³ - G. Mesbahi^{4*} – M. Majzoobi⁵ - N. Darabzaded⁶

Received: 03-11-2010

Accepted: 06-09-2011

Abstract

Pectin is used as a gelling, texturizing and emulsifying agent in many foods. Sugar beet pulp is a good source of pectin, however due to its low molecular weight and poor gelling characteristic its uses in food industry are limited. In this research, pectin extracted from sugar beet pulp was cross-linked by phosphorus oxychloride at pH 11 to improve its functional properties. Rheological tests carried out revealed that modified pectin had a higher viscosity and greater intrinsic viscosity and molecular weight than native pectin confirming the cross-linking of pectin polymers. Ketchup sauces formulated using modified and native pectins were compared with the control sample without pectin. The results showed that the sample containing modified pectin had a higher consistency and a lower syneresis value compared to the native pectin.

Keywords: Pectin, Sugar beet pulp, Cross-linking, Viscosity, Functional properties

1,2&6- M.Sc Students, Dept. of Food Science and Technology, College of Agriculture, Shiraz University.

3&5- Assistant Prof., Dept. of Food Science and Technology, College of Agriculture, Shiraz University.

4- Instructor, Dept. of Food Science and Technology, College of Agriculture, Shiraz University.

(*- Corresponding author Email: mesbahi@shirazu.ac.ir)