



تاثیر زانتان و ساکارز بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی، رئولوژیکی و مورفولوژیکی نشاسته‌های

گندم و ذرت

آیدا ذوالعلمین^۱، سارا موحد^{۲*}، محمدحسین عزیزی^۳، حسین احمدی چنارین^۴

۱ دانش‌آموخته دکتری، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی واحد ورامین - پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی ورامین، ایران.

۲ دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی واحد ورامین - پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی ورامین، ایران.

۳ استاد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس تهران، ایران.

۴ استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی واحد ورامین - پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی ورامین، ایران.

اطلاعات مقاله	چکیده
تاریخ های مقاله :	افزایش نیاز به نشاسته در صنایع فرآوری غذایی، سبب توجه به تشخیص تأثیر سایر ترکیبات غذایی بر فرآوری غذاهای مبتنی بر نشاسته شده است. زانتان و قند به ترتیب معمولاً به‌عنوان هیدروکلئوئید و شیرین کننده در غذاهایی بر پایه نشاسته مورد استفاده قرار می‌گیرند. این مواد سازنده می‌توانند بر خصوصیات ساختاری، حرارتی، چسبندگی (خمیری) و رئولوژیکی این نوع غذاها تأثیر بگذارند. هدف از این مطالعه، تجزیه و تحلیل نحوه اثر گذاری ساکارز و زانتان بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی، رئولوژیکی و مورفولوژیکی خمیرهای نشاسته می‌باشد.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۲۵	بعلاوه، مقایسه تأثیر ترکیب زانتان و ساکارز بر خمیرهای نشاسته ذرت و گندم در این مطالعه به انجام رسیده است. در این پژوهش از غلظت زانتان ۱درصد وزنی و ساکارز ۵درصد وزنی انتخاب شد و مخلوط ها بر پایه نشاسته (ذرت یا نشاسته گندم) تهیه گردید. نتایج نشان داد که در حضور و عدم حضور زانتان یک درصد وزنی و ساکارز ۵ درصد وزنی، خمیر نشاسته‌ها تفاوت معنی‌داری از نظر انحلال‌پذیری، قدرت تورم، جذب آب و شفافیت خمیر داشتند ($p < 0/05$). سنجش‌های رئولوژیکی آشکار کردند که تمام خمیرها رفتار رقیق شونده با برش را نشان دادند. با اضافه کردن زانتان و ساکارز، گرانروی (ویسکوزیته) ظاهری، مدول ذخیره و مدول اتلاف خمیرهای نشاسته افزایش پیدا کرد. طیف‌های مادون‌قرمز تبدیل فوریه، تغییر شدت و طول موج اوج (پیک)‌های جذب را در اثر افزودن زانتان و ساکارز نشان دادند. سنجش‌های میکروسکوپ الکترونی روبشی و پراش پرتوی ایکس اثبات کردند که در نتیجه افزودن زانتان و ساکارز در حین ژلاتینی شدن، تغییراتی در ساختار شبکه ایجاد گردید. نتایج این مطالعه می‌تواند به بهبود فرآوری و پیدا کردن شرایط بهینه فرآوری جهت تولید غذاهای بر پایه نشاسته مانند غذای کودک، نان، شیرینی‌های و غیره کمک کند.
کلمات کلیدی:	
نشاسته، زانتان، ساکارز، خصوصیات فیزیکوشیمیایی، رئولوژی.	
DOI: 10.22034/FSCT.19.132.77 DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.132.6.9	
* مسئول مکاتبات: movahhed@iauaramin.ac.ir	

۱- مقدمه

نشاسته یک پلی‌ساکارید طبیعی است و به عنوان منبع انرژی انسان‌ها و جانوران در نظر گرفته می‌شود. نشاسته به علت عملکردی بودن و خصوصیات ویژه‌ای که دارد یک ماده سازنده مهم برای بسیاری از محصولات غذایی و غیر غذایی است. نشاسته‌ها با منبع گیاه شناختی مختلف به طور گسترده‌ای در کاربردهای غذایی به عنوان عامل ژل کننده، غلیظ کننده، نگهدارنده آب، استابلازور (پایدارکننده)، حجم دهنده و چسب بکار گرفته می‌شود [۱]. دانه یا گرانول نشاسته یک بیوپلیمر پیچیده متشکل از آمیلوز و آمیلوپکتین به عنوان پلیمرهای خطی و شاخه‌دار (منشعب) گلوکز است. خصوصیات نشاسته عمدتاً به نسبت آمیلوز به آمیلوپکتین بستگی دارد؛ اما اجزای کم اهمیت‌تری که در دانه‌های نشاسته وجود دارند عبارتند از: پروتئین‌ها، لیپیدها و فسفر که روی خصوصیات نشاسته تأثیر می‌گذارند. آمیلوپکتین بخش نیمه کریستالی دانه‌های نشاسته را تشکیل می‌دهد، در حالی که آمیلوز بخش آمورف یا بی شکل نشاسته را تشکیل می‌دهد. مقدار آمیلوز، آمیلوپکتین و سایر اجزای سازنده دانه‌های نشاسته طبیعی بستگی به منشأ گیاه شناختی و روش ایزولاسیون آن دارد [۲]. تقاضای روزافزون برای نشاسته در صنایع غذایی سبب جلب توجه بیشتر برای تشخیص تأثیر سایر مواد سازنده غذایی (مانند ساکاروز و هیدروکلئیدها) بر قابلیت فرآوری پذیری نشاسته‌ها شده است؛ بنابراین، هیدروکلئیدها معمولاً در غذاهای بر پایه نشاسته برای اصلاح بافت، بهبود و کنترل حفظ رطوبت و پذیرش محصولات غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرند [۳].

صمغ زانتان، هیدروکلئیدی است که از تخمیر منابع کربنی توسط باکتری *Xanthomonas campestris* تولید شده و به طور وسیع به عنوان ماده غلیظ کننده در سیستم‌های غذایی بر پایه نشاسته مورد استفاده قرار می‌گیرد. این ماده قابل حل در آب سرد بوده و محلول آبی آن رفتار شبه پلاستیکی شدیدی را از خود نشان می‌دهد [۴]. بررسی تأثیرات صمغ‌های مختلف (گوار و زانتان) بر خصوصیات ژلی نشاسته‌های ذرت آمیلوز - بالا اثبات کرد که اثرات سینرژیستی و مثبت - صمغ‌ها بر خصوصیات نشاسته وابسته به مقدار آمیلوز موجود در نشاسته می‌باشد. ارزیابی تأثیرات صمغ زانتان بر خصوصیات رئولوژیکی

نشاسته کودزو، وجود برهمکنش قوی بین صمغ زانتان و نشاسته کودزو را نشان داد که این امر روی خصوصیات نشاسته تأثیرگذار است [۵]. همچنین، قندها به عنوان یکی از اجزای سازنده ضروری غذاهای بر پایه نشاسته، نقش قابل توجهی را در بیاتی و ژلاتینی شدن خمیر نشاسته ایفا می‌کنند. مطالعات اثبات کردند که قندها تأثیرات متنوعی بر خصوصیات عملکردی سیستم‌های نشاسته دارند که این امر بسته به نوع نشاسته می‌باشد. ارزیابی تأثیرات ساکارز، ایزومالت و مالتودکسترین بر خصوصیات ژلی نشاسته گندم و کاساوا نشان داد که در حضور قندها، ژلاتینیزاسیون (ژلاتینی شدن) نشاسته‌ها به تأخیر افتاد [۶]. با این وجود، تحقیقات فراوانی در زمینه ارزیابی تأثیرات جداگانه زانتان یا قندها بر خصوصیات نشاسته‌های مختلف وجود دارد، تعداد کمی از مطالعات به تأثیرات توأم زانتان و قندها بر خصوصیات نشاسته پرداخته‌اند [۷ و ۸]. برای مثال، تعیین تأثیرات سدیم کلرید، ساکارز و صمغ زانتان بر سینریسیس ژل و خصوصیات خمیری نشاسته دانه قناری، توانایی سدیم کلرید، ساکارز یا صمغ زانتان در غلظت‌های پایین را برای تغییر پایداری ژل و خصوصیات خمیری شدگی نشاسته دانه قناری نشان داد [۷]. اکثر سیستم‌های مبتنی بر نشاسته که به طور متداول به عنوان غذای انسان ساخته می‌شوند، گرمادهی و سرمادهی در حضور رطوبت تحت برش را تجربه کرده‌اند. به علت حرارت‌دهی، دانه‌های نشاسته ژلاتینه شده و سازماندهی ساختاری و بلوریت (کریستالیت) خود را از دست می‌دهند. حین سرمادهی (خنک سازی)، مولکول‌های مجزای نشاسته یک ژل را تشکیل داده و بعد به آرامی به صورت توده‌های نیمه کریستالی یا بیات می‌گردند [۹]. خصوصیات رئولوژیکی نشاسته‌ها یکی از خصوصیات عمده‌ای است که بر خصوصیات عملکردی سیستم‌های نشاسته تأثیر می‌گذارد. همچنین، تغییرات ساختاری و مورفولوژیکی ناشی از ژلاتینه شدن نشاسته نشان‌دهنده تأثیر بر عملکرد سیستم‌های غذایی مبتنی بر نشاسته می‌باشند [۱۰]. تمرکز مطالعه حاضر روی مقایسه تأثیرات افزودن منفرد و توأم ساکارز و زانتان بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی، رئولوژیکی و مورفولوژیکی خمیرهای مبتنی بر نشاسته (بر پایه نشاسته) از جمله نشاسته‌های گندم و ذرت به عنوان منابع مهم نشاسته در رژیم غذایی به شمار می‌رود.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

نشاسته ذرت و گندم فوق خالص از شرکت کیان شیمی (ایران) فراهم شدند. ساکارز (شرکت مرک، آلمان) و صمغ زانتان (شرکت سیگما - الدرچ، امریکا) با خلوص آزمایشگاهی به همان صورت دریافتی مورداستفاده قرار گرفتند.

۲-۲- ترکیب شیمیایی

روش کالریمتری (رنگ‌سنجی) برای تعیین مقدار آمیلوز نشاسته‌های گندم و ذرت مورداستفاده قرار گرفت [11]. میزان چربی و رطوبت به ترتیب با استفاده از روش‌های AOAC 963.15 و 935.29 تعیین شد. جهت تعیین مقدار پروتئین

نشاسته‌ها بر اساس روش 12 - 46 AACC از دستگاه کج‌دال استفاده شد.

۲-۳- آماده‌سازی مخلوط بر پایه نشاسته گندم

و ذرت

برای مقایسه تأثیر افزودن زانتان و ساکارز بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی، رئولوژیکی و مورفولوژیکی نشاسته‌ها، از نشاسته گندم، نشاسته ذرت، صمغ زانتان ۱ درصد وزنی و ساکارز ۵ درصد وزنی برای تهیه هشت تیمار طبق جدول ۱ استفاده شد. انتخاب سطوح با استفاده از غربالگری انجام گردید.

Table 1 The treatments investigated in the research

Weight percentage of components				Treatments
Sucrose	Xanthan	wheat starch	Corn starch	
--	--	--	100	1
--	--	100	--	2
5%	--	--	95	3
5%	1%	--	94	4
--	1%	--	99	5
5%	--	95	--	6
--	1%	99	--	7
5%	1%	94	--	8

۲-۵- جذب آب

جهت ارزیابی ظرفیت جذب آب، یک گرم از هر تیمار در ۳۰ میلی‌لیتر آب مقطر در یک لوله سانتیفریوژ حل شده و با استفاده از یک حمام آب به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۹۵ درجه سلسیوس حرارت داده شد در حالی که به صورت آرام هم زده می‌شد. در نتیجه، خمیر با استفاده از حمام آب سرد تا دمای اتاق خنک شده و به مدت ۱۰ دقیقه در ۳۰۰۰ سانتیفریوژ شد. پس از جداسازی سوپرناتانت در لوله سانتیفریوژ، باقیمانده خمیر نشاسته وزن شده و برای تعیین ظرفیت جذب آب با استفاده از معادله ۳ بکار گرفته شد [۱۳].

$$\left(\frac{g}{g}\right) \text{ ظرفیت جذب آب} = \frac{\text{وزن بقای ماده خمیر نشاسته}}{\text{وزن اولیه پودر نشاسته}}$$

۲-۶- شفافیت خمیر

جهت تعیین شفافیت خمیر، ۰/۰۵ گرم هر تیمار در ۵ میلی‌لیتر آب مقطر در یک لوله آزمایش دردار حل شده و با استفاده از حمام آب جوش به مدت ۳۰ ثانیه حرارت داده شد و در حین حرارت دهی، هر ۵ ثانیه هم زدن آرام انجام شد. پس از خنک

۲-۴- انحلال‌پذیری و قدرت تورم

برای تعیین قدرت تورم و انحلال‌پذیری، ۰/۴ گرم از هر تیمار داخل لوله‌های سانتیفریوژ ریخته شد و ۴۰ میلی‌لیتر آب مقطر به هر یک از آن‌ها اضافه شد. مایع‌های حاصله با استفاده از یک حمام آب (water bath) به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۸۰ درجه سلسیوس گرما داده شدند. در نتیجه، پس از خنک شدن نمونه‌ها تا دمای اتاق، محلول‌های به‌دست‌آمده به مدت ۱۵ دقیقه در ۳۰۰۰ سانتیفریوژ شدند. سوپرناتانت‌ها و رسوب‌های هر تیمار با دقت جدا شدند. آب سوپرناتانت‌ها در طول شب در دمای ۱۱۰ درجه سلسیوس تبخیر شد. انحلال‌پذیری و قدرت تورم هر تیمار به ترتیب با استفاده از معادلات (۱) و (۲) محاسبه شد [۱۲].

$$100 \times \frac{\text{وزن سوپرناتانت خشک (g)}}{\text{وزن نمونه خشک (g)}} = (\%) \text{ حلالیت}$$

$$\left(\frac{g}{g}\right) \text{ قدرت تورم} = \frac{\text{وزن رسوب خمیر (g)}}{\text{وزن رسوب خشک (g)}}$$

استفاده از پودر خمیرهای ژلاتینه پس از خشک شدن انجمادی (Pa، ۶۳، ۳۰- درجه سلسیوس - به مدت ۲۴ ساعت) تهیه شدند [16]. همچنین، سطح شکسته خمیر بر پایه نشاسته هر تیمار با استفاده از یک میکروسکوپ الکترونی روبشی (JSM (6400, Jeol, Japan) با پتانسیل شتاب دهنده ۲۰ kV و بزرگنمایی x600 بررسی شد [17].

۳- آنالیز آماری

خصوصیات مخلوط‌های بر پایه نشاسته حداقل با سه تکرار مورد آنالیز قرار گرفته و برحسب مقدار میانگین \pm انحراف استاندارد گزارش شدند. آنالیزهای آماری از طریق آنالیز واریانس توسط نرم‌افزار SPSS، ورژن 18.0 (SPSS Inc. Chicago, IL, USA) انجام شد.

۴- نتایج و بحث

۴-۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی

نتایج ارزیابی ترکیب شیمیایی نشاسته‌های مورد استفاده در جدول ۲ ارائه شده است که نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین ترکیب‌های شیمیایی نشاسته‌های گندم و ذرت می‌باشد ($p < 0.05$). نتایج اثبات کردند که نشاسته گندم بومی در مقایسه با نشاسته ذرت بومی حاوی مقدار بالاتری آمیلوز، چربی و رطوبت است در حالی که مقدار پروتئین نشاسته ذرت بکار رفته بالاتر از نشاسته گندم می‌باشد. نسبت‌های آمیلوز/ آمیلوپکتین نشاسته ذرت و گندم به ترتیب برابر با ۷۶/۹: ۲۳/۱ و ۷۱/۳: ۲۸/۷ بود. مطالعات انجام شده گزارش کردند که نسبت آمیلوز/ آمیلوپکتین در دانه‌های نشاسته بر خصوصیات نشاسته (مانند دمای ژلاتینه شدن، واگشتگی، انحلال‌پذیری، گرانی و غیره) و خصوصیات نهایی محصولات مبتنی بر نشاسته تأثیر می‌گذارند [18]. همچنین، مواد سازنده اصلی (از قبیل پروتئین و چربی) در دانه‌های نشاسته بر تبلور (کریستالینیت) نسبی، قدرت تورم، سینریزس، خمیری شدن و خصوصیات حرارتی نشاسته‌ها تأثیر می‌گذارند [19].

شدن تا دمای اتاق، با استفاده از یک اسپکتروفتومتر (UNICO, UV/Vis 2100, USA) عبور در ۶۵۰ نانومتر در مقایسه با شاهد که آب بود اندازه‌گیری شد [14].

۷-۲- سنجش رئولوژیکی

رئومتر آنتون پار (MCR-302، اتریش) با یک صفحه موازی (gap=۱nm, d=۲۵mm) برای مطالعه لرزه‌شناسی خمیر بر پایه نشاسته هر تیمار مورد استفاده قرار گرفت. خمیرهای بر پایه نشاسته با اضافه کردن ۱ گرم از هر تیمار به درون ۱۹ میلی‌لیتر آب مقطر ریخته شده و به مدت ۵ دقیقه در دمای ۹۵ درجه سلسیوس با همزن مغناطیسی با سرعت هم زدن rpm ۲۰۰ حرارت داده شد. خمیرها به سرعت با استفاده از یک حمام آب‌خنک شده و به دمای محیط رسیدند (دمای تقریبی ۲۵ درجه سلسیوس) و در حین خنک شدن به آرامی هم زده می‌شدند. سنجش‌های رئولوژیکی دینامیکی با بررسی مدول‌های ذخیره (G') و اتلاف (G'')، با استفاده از جاروب‌های فرکانس (frequency sweeps) در بازه Hz ۱۰-۰/۱ در کرنش یک درصد، پس از تعیین منطقه ویسکوالاستیک خطی انجام شد [15].

۸-۲- اسپکتروسکوپی FTIR

اسپکتروسکوپی مادون‌قرمز تبدیل فوریه (Nexus 670, Nicolet, Madison, WI, USA) برای آنالیز برهمکنش‌های شیمیایی احتمالی در طول ژلاتینیزاسیون (ژلاتینی شدن) مورد استفاده قرار گرفت. نمونه‌های مربوط به آنالیز FTIR با استفاده از پودر خمیرهای ژلاتینه شده پس از خشک‌سازی انجمادی (Pa، ۶۳، ۳۰- درجه سلسیوس برای ۲۴ ساعت) و مخلوط‌سازی با KBr تهیه شده و در معرض فشار هیدرولیکی قرار گرفت.

۹-۲- پراش پرتو ایکس و میکروسکوپ

الکترونی روبشی

سنجش‌های پراش پرتوی ایکس با XRD (فیلیپس، PW 1729 XRD، هلند) در ۳۵ kV و ۳۰ mA با تابش Cu α ($\lambda = 0.15406$ نانومتر) انجام شد. ناحیه اسکن از $2\theta = 4^\circ$ تا $2\theta = 70^\circ$ با فاصله مرحله‌ای 1.04° و سرعت اسکن $0.5^\circ/\text{min}$ تنظیم شد. نمونه‌های مربوط به آنالیز XRD با

Table 2 Chemical compositions of the native starches

Chemical compositions (%)				starch
Protein	Moisture	Fat	Amylose	
0/43±0/04 ^a	8/7±0/21 ^b	0/42±0/01 ^b	23/1±0/27 ^b	corn
0/36±0/02 ^b	28/7± 0/41 ^a	0/79±0/01 ^a	28/7±0/41 ^a	wheat

* Different letters mean significant difference at $P < 0.05$.

درجه و طول انشعاب و آرایش فضایی قرار دارند [۲۱]. بعلاوه، نتایج نشان دادند که در اثر افزودن ساکارز ظرفیت جذب آب، قدرت تورم و انحلال پذیری نشاسته‌ها کاهش یافته است. داده‌ها حاکی از آن است که تأثیر ساکارز بر کاهش قدرت تورم و ظرفیت جذب آب نشاسته گندم بالاتر از تأثیر آن بر نشاسته ذرت بود، درحالی‌که تأثیر آن بر انحلال‌پذیری نشاسته ذرت کمتر از تأثیر آن بر نشاسته گندم است. این امر را می‌توان به بالاتر بودن مقدار آمیلوز نشاسته گندم در مقایسه با نشاسته ذرت نسبت داد. ساکارز با پیوند با آب آزاد، جذب آب را محدود ساخته و آبشویی آمیلوز را از طریق ساختن پل‌هایی با زنجیره‌های نشاسته و در نتیجه ایجاد یک ساختار محکم کاهش داد [۲۲]. در حضور قند، تورم دانه‌های نشاسته در دماهای بالاتری اتفاق می‌افتد. کاهش انحلال‌پذیری و قدرت تورم نشاسته‌های مختلف با افزایش ساکارز، توسط محققان بسیاری گزارش شده است [۶ و ۲۳].

نتایج ارزیابی اثرات افزودن زانتان و ساکارز بر انحلال‌پذیری، قدرت تورم، جذب آب و شفافیت خمیر نشاسته ذرت و گندم بومی در (Error! Reference source not found.) نشان داده شده است. نتایج نشان دادند که در حضور و عدم حضور زانتان و ساکارز، تفاوت معنی‌داری در خصوصیات فیزیکی نشاسته وجود دارد ($p < 0/05$). بر اساس نتایج، انحلال‌پذیری نشاسته گندم بومی بالاتر از انحلال‌پذیری نشاسته ذرت بومی است و ظرفیت جذب آب نشاسته ذرت بالاتر از نشاسته گندم است. این امر می‌تواند مربوط به بیشتر بودن برهمکنش‌ها بین آمیلوز و آمیلوپکتین نشاسته گندم نسبت به نشاسته ذرت باشد که ناشی از بالاتر بودن مقدار آمیلوپکتین نشاسته ذرت است [۲۰]. قدرت تورم و انحلال‌پذیری نشاسته نتایجی را مبتنی بر وجود برهمکنش‌هایی بین زنجیره‌های نشاسته در بخش‌های آمورف و کریستالی به دست می‌دهد. این برهمکنش‌ها تحت تأثیر نسبت آمیلوز به آمیلوپکتین و خصوصیات آمیلوز و آمیلوپکتین از نظر وزن مولکولی، توزیع،

Table 3 Physical properties of starch-based mixtures

Paste clarity	Water absorption (g/g)	Swelling power (g/g)	Solubility (%)	Treatments
0/798 ± 0/05 ^a	7/26 ± 0/22 ^c	14/02 ± 0/31 ^b	9/04 ± 0/56 ^a	(100 Wt%) wheat starch
0/685 ± 0/03 ^b	8/51 ± 0/49 ^c	16/4 ± 0/12 ^a	7/8 ± 0/29 ^b	(100 Wt%) Com starch
0/699 ± 0/08 ^b	8/97 ± 0/38 ^c	13/16 ± 0/23 ^c	7/84 ± 0/34 ^b	(1 Wt%) Xanthan+(99 Wt%)wheat starch
0/617 ± 0/06 ^d	11/82 ± 0/51 ^a	13/28 ± 0/17 ^c	5/82 ± 0/16 ^d	(1 Wt%) Xanthan+(99 Wt%) Com starch
0/643 ± 0/05 ^c	6/50 ± 0/31 ^f	8/42 ± 0/52 ^c	6/59 ± 0/22 ^c	(5 Wt%) Sucrose+(95 Wt%) wheat starch
0/589 ± 0/04 ^e	8/02 ± 0/43 ^d	10/26 ± 0/34 ^d	5/53 ± 0/29 ^d	(5 Wt%) Sucrose+(95 Wt%) Com starch
0/614 ± 0/06 ^d	8/85 ± 0/42 ^c	6/33 ± 0/25 ^f	4/32 ± 0/13 ^e	(5 Wt%) Sucrose+(1 Wt%) Xanthan+(94 Wt%) wheat starch
0/558 ± 0/04 ^e	10/93 ± 0/6 ^b	7/81 ± 0/49 ^e	3/98 ± 0/41 ^e	(5 Wt%) Sucrose+(1 Wt%) Xanthan+(94 Wt%) Com starch

* Wheat starch (WS), Corn starch (CS), Xanthan gum (XG), Sucrose (S), Transmittance (T)

** Different letters mean significant difference at $P < 0.05$.

باشد که ناشی از بالاتر بودن میزان چربی در نشاسته گندم نسبت به نشاسته ذرت است. محققان آشکار کردند که تشکیل کمپلکس‌های آمیلوز - لیپید، انحلال‌پذیری و قدرت تورم هیدروکلوئیدها در آب را کاهش داد [۲۵].

نتایج نشان دادند که شفافیت خمیر نشاسته گندم بالاتر از نشاسته ذرت است. این امر می‌تواند مربوط به حضور ناحیه‌های آمورف بیشتر در خمیر نشاسته گندم در مقایسه با خمیر نشاسته ذرت باشد که ناشی از بالاتر بودن میزان آمیلوز نشاسته گندم در مقایسه با نشاسته ذرت باشد [۲۶]. ارزیابی تأثیر افزودن زانتان و ساکارز بر شفافیت خمیر نشاسته نشان داد که اضافه کردن

نتایج اثبات کردند که حضور زانتان، ظرفیت جذب آب نشاسته‌ها را افزایش داد، درحالی‌که انحلال‌پذیری و قدرت تورم آن‌ها را کاهش داد. این امر می‌تواند مربوط به ظرفیت جذب آب بالاتر صمغ‌ها در مقایسه با نشاسته‌ها باشد که ناشی از تعداد زیاد گروه‌های هیدروکسیل در ساختارها است که جذب آب توسط مولکول‌های نشاسته را کاهش داد [۲۴]. نتایج نشان دادند که تأثیر افزودن زانتان بر انحلال‌پذیری، قدرت تورم و ظرفیت جذب آب نشاسته ذرت بالاتر از نشاسته گندم است. این امر می‌تواند مربوط به بالاتر بودن تشکیل کمپلکس چربی - آمیلوز در خمیر نشاسته گندم نسبت به نشاسته ذرت

بر گرانروی خمیر نشاسته که ناشی از اثر افزایشی آن بر تورم دانه‌های نشاسته است در مطالعات پیشین گزارش شده است [۲۹]. نتایج، رفتار رقیق شونده برشی خمیرهای بر پایه نشاسته در حضور زانتان و ساکارز را نشان دادند. همان‌طور که در شکل ۱a نشان داده شده است، تأثیر افزودن زانتان و ساکارز بر گرانروی ظاهری خمیرهای نشاسته گندم بیشتر از تأثیر آن بر نشاسته ذرت بود. با این وجود اضافه کردن هم‌زمان زانتان و ساکارز دارای تأثیر سینرژتیک یا (هم افزا) بر رشد گرانروی ظاهری بود.

رفتار رئولوژیکی دینامیکی مخلوط‌های بر پایه نشاسته در (شکل‌های ۱b و ۱c) ترسیم شده است. مدول‌های ذخیره (G') و اتلاف (G'') به‌عنوان تابعی از فرکانس زاویه‌ای به ترتیب در (شکل‌های ۱b و ۱c) ارائه شده است. همان‌طور که در شکل ۱b نشان داده شده است، در شرایط مشابه، مدول ذخیره خمیرهای نشاسته ذرت (خمیر نشاسته با و بدون زانتان و ساکارز) بیشتر از مدول‌های ذخیره خمیرهای نشاسته گندم است.

از آنجا که مدول ذخیره، رفتار شبه جامدی را نشان می‌دهد، بالاتر بودن مدول ذخیره نشاسته ذرت در مقایسه با نشاسته گندم می‌توان مربوط به بیشتر بودن بخش کریستالی دانه‌های نشاسته ذرت (میزان آمیلوپکتین) در مقایسه با دانه‌های نشاسته گندم باشد [۳]. داده‌های ارائه شده در شکل 1c نشان دادند که مدول اتلاف تمام خمیرهای بر پایه نشاسته ذرت پایین‌تر از مدول اتلاف خمیرهای بر پایه نشاسته گندم است. مدول اتلاف، ماهیت گرانروی خمیرها را بازتاب می‌دهد؛ بنابراین، بالاتر بودن مدول اتلاف خمیرهای مبنی بر نشاسته گندم را می‌توان به بیشتر بودن بخش آمورف (میزان آمیلوز) دانه‌های نشاسته گندم در مقایسه با دانه‌های نشاسته ذرت نسبت داد. داده‌ها آشکار کردند که با افزایش فرکانس زاویه‌ای تمام خمیرهای بر پایه نشاسته، بزرگی مدول ذخیره و مدول اتلاف افزایش پیدا کرد. همچنین، مدول ذخیره بزرگ‌تر از مدول اتلاف بوده و در سرتاسر بازه فرکانس مورد مطالعه هیچ تقاطعی بین مدول‌های ذخیره و اتلاف وجود ندارد [۳۰].

زانتان و ساکارز در مخلوط‌های بر پایه نشاسته، شفافیت خمیر حاصله را کاهش داد. وجود صمغ‌ها در مخلوط بر پایه نشاسته می‌تواند بر خصوصیات خمیر تأثیر بگذارند که ناشی از جلوگیری از آبشویی دانه‌های نشاسته می‌باشد [۲۷]، اما تغییر ساختاری دانه‌های نشاسته در حضور سایر مواد اولیه می‌تواند منجر به کاهش در شفافیت خمیر بر پایه نشاسته شود [۲۸]. ارزیابی تأثیر افزودن توأم زانتان و ساکارز بر خصوصیات مخلوط مبتنی بر نشاسته، کاهش شدیدتری را از نظر انحلال‌پذیری، قدرت تورم، شفافیت خمیر و افزایش مشهود ظرفیت جذب آب را در مقایسه با نشاسته‌های خالص نشان داد. این امر می‌تواند به علت برهمکنش بین مواد سازنده مخلوط و پیوند مولکول‌های ساکارز با مولکول‌های نشاسته و اثر رقابتی زانتان با نشاسته در جذب آب باشد که بر خصوصیات مخلوط بر پایه نشاسته تأثیر می‌گذارد [۸].

۴-۲- خصوصیات رئولوژیکی

وابستگی گرانروی‌های ظاهری خمیرهای بر پایه نشاسته به سرعت برش، در (شکل ۱a) نشان داده شده است. تمام خمیرهای بر پایه نشاسته، رفتار رقیق شونده برشی را نشان دادند، اما خمیرهای دارای زانتان یا ساکارز گرانروی‌های ظاهری بالاتری را در مقایسه با خمیرهای نشاسته خالص نشان دادند. نتایج مشخص کردند که در سرعت‌های برش پایین، خمیر حاصل از نشاسته ذرت خالص گرانروی ظاهری بالاتری در مقایسه با خمیر نشاسته گندم خالص نشان دادند، درحالی‌که با اضافه کردن زانتان و ساکارز، این روند برعکس شده است. این امر می‌تواند مربوط به متفاوت بودن نسبت آمیلوز به آمیلوپکتین و خصوصیات متفاوت آمیلوز و آمیلوپکتین نشاسته‌های گندم و ذرت از نظر وزن مولکولی، توزیع، درجه، طول انشعاب و آرایش فضایی باشد [۲۱]. هم زانتان و هم ساکارز گرانروی ظاهری خمیرهای بر پایه نشاسته را افزایش دادند. اثر افزایشی ساکارز (غلظت ساکارز بیشتر از $wt\%$ ۲۰)

افزایش در مدول‌های ذخیره و اتلاف که ناشی از اضافه کردن صمغ زانتان بود سازگار با یافته‌های مطالعات پیشین در خصوص تأثیر صمغ‌ها بر خصوصیات دینامیک خمیرهای نشاسته مختلف بود [۳ و ۵]. آمیلوز نسبت داد که سبب کاهش پیوندهای آمیلوز شد [3]؛ اما اثر غلیظکننده ناشی از افزودن هیدروکلونید در خمیرهای نشاسته، قبلاً گزارش شده بود [31]. افزایش در مدول‌های ذخیره خمیرهای نشاسته در نتیجه افزودن ساکارز گزارش شد که به علت پیوند بین شبکه ژل آمیلوز و ساکارز بود [۳۲].

۴-۳- طیف‌های FTIR

طیف‌های FTIR خمیرهای نشاسته ذرت و گندم ژلاتینه شده با و بدون زانتان و ساکارز در (Error! Reference source not found) ارائه شده است. پیک یا اوج جذب در بازه 3600 cm^{-1} - 3200 cm^{-1} نشان‌دهنده وجود گروه‌های هیدروکسیل است که بازتابی از وجود پیوند هیدروژنی می‌باشد. پیک‌های جذب واقع در 2930 cm^{-1} و 1650 cm^{-1} به ترتیب به ارتعاش کششی C-H و آب پیوندی موجود در نشاسته نسبت داده می‌شود [33]. همان‌طور که در (شکل ۲) نشان داده شده است، هیچ تفاوت معنی‌داری از نظر پیک‌های اصلی جذب طیف‌های FTIR خمیرهای نشاسته ذرت و گندم ژلاتینه وجود ندارد. با این حال، در خمیرهای نشاسته ذرت و گندم ژلاتینه، اوج‌های جذب گروه‌های OH دارای پیوند هیدروژنی در طول موج‌های 3567 cm^{-1} دیده می‌شود. همچنین، مقداری تفاوت از نظر شدت و مکان پیک‌های اثرانگشتی (پیک‌های ارائه شده در منطقه اثرانگشتی) وجود دارد که می‌تواند مربوط به ساختار مولکولی متفاوت خمیرهای نشاسته ذرت و گندم باشد. در نتیجه اضافه کردن زانتان و ساکارز به خمیرها، مکان و شدت پیک‌های اصلی خمیر نشاسته خالص تغییر کرد. کاهش شدت پیک کششی O-H طول موج آن می‌تواند نتیجه واکنش پیوند هیدروژنی شدید بین گروه‌های هیدروکسیل نشاسته، زانتان و ساکارز باشند.

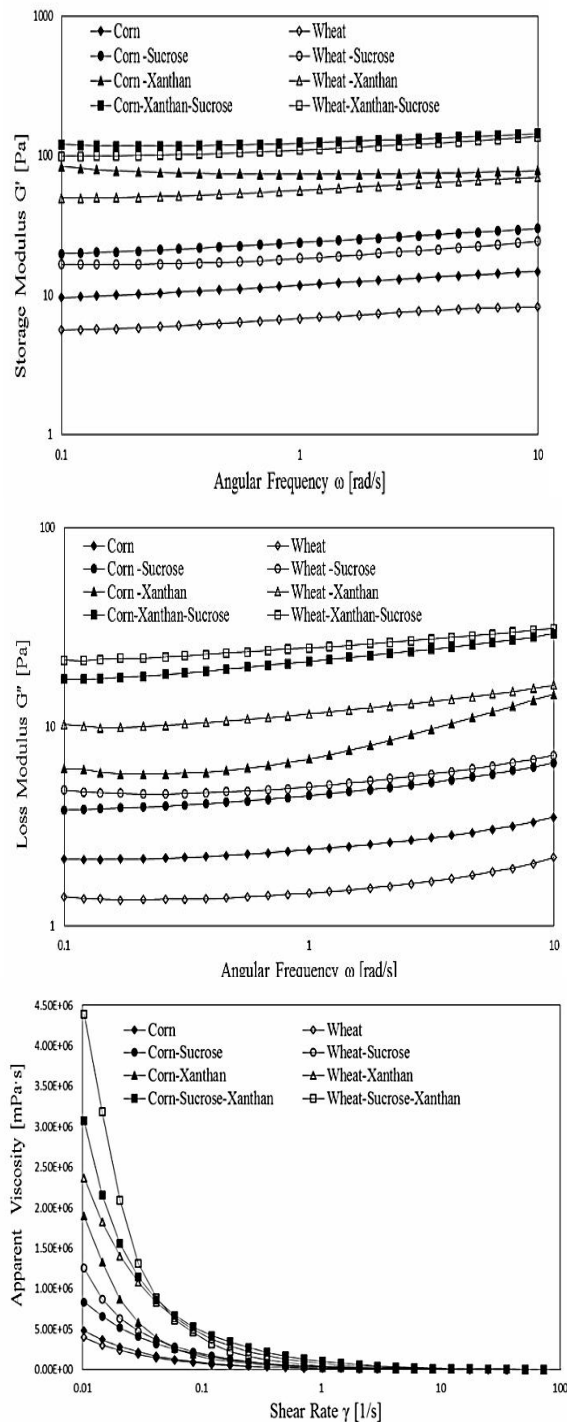


Fig 1 Effects of xanthan and sucrose on (a) the apparent viscosities; (b) storage modulus; (c) loss modulus of starch-based pastes

این مسئله را می‌توان به برهمکنش بین مولکولی قوی زانتان و داده‌ها حاکی از این بودند که اضافه کردن زانتان و ساکارز، مدول ذخیره و مدول اتلاف خمیرهای نشاسته را افزایش داد.

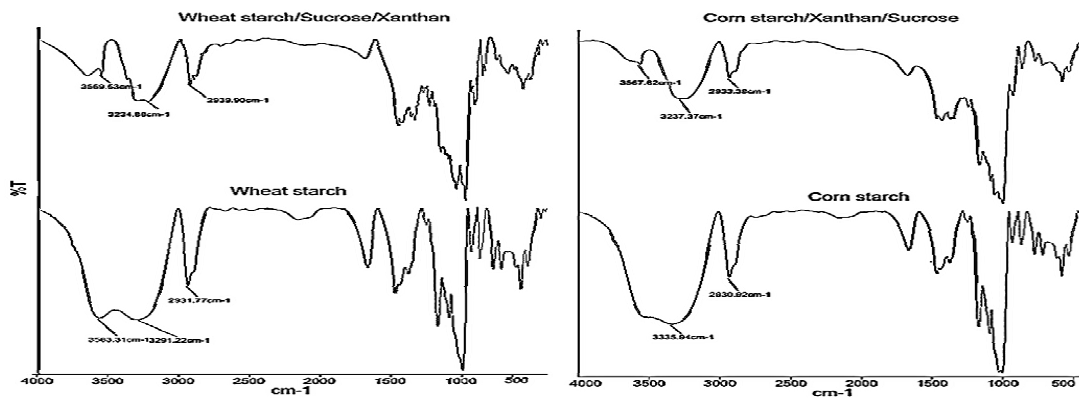


Fig 2 The FTIR spectra of the gelatinized wheat and corn starch pastes with and with xanthan and sucrose.

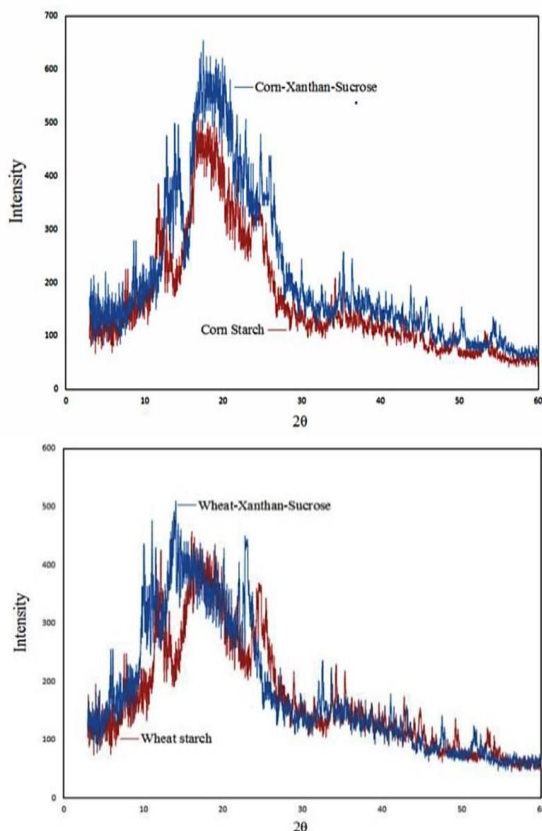


Fig 3 XRD patterns of corn (a) and wheat (b) starch pastes alone and with xanthan-sucrose

درحالی‌که ژلاتینی شدن حالت بلوری نشاسته‌ها را کاهش می‌دهد؛ بنابراین، وجود زانتان و ساکارز، ژلاتینی شدن را کاهش داده و تبلور خمیرهای نشاسته را افزایش داد. بعلاوه، اضافه کردن زانتان و ساکارز سبب عریض شدن پیک وسطی شده و پیک‌های کریستالی را تغییر داد که می‌تواند به علت ساختار آمورف زانتان و برهمکنش موجود بین زانتان، ساکارز و نشاسته‌ها باشد. درنتیجه اضافه کردن زانتان و ساکارز، پیک‌های کریستالی در بازه 2θ بین 10° تا 15° تشکیل شدند

۴-۴- ارزیابی بلورینگی با استفاده از پراش

اشعه ایکس

الگوهای XRD خمیرهای نشاسته ذرت و گندم در غیاب و در حضور زانتان و ساکارز در شکل a و b ترسیم شده است. بر اساس دیفراکتوگرام‌ها (پراش‌سنج‌ها)، خمیر نشاسته ذرت اوج‌هایی را در 2θ برابر با $11/79^\circ$ ، $16/41^\circ$ و $23/63^\circ$ نمایش داد، درحالی‌که خمیر نشاسته گندم اوج‌ها را در 2θ برابر با $12/21^\circ$ ، $16/07^\circ$ و $24/71^\circ$ نشان داد. همچنین، شدت پیک‌های الگوی XRD خمیر نشاسته ذرت بیشتر از خمیر نشاسته گندم است. این مسئله می‌تواند مربوط به بالاتر بودن بلوریت (کریستالیت) نشاسته ذرت در مقایسه با نشاسته گندم باشد که به علت بیشتر بودن مقدار آمیلوپکتین نشاسته ذرت در مقایسه با نشاسته گندم است. از الگوهای پراش پرتوی ایکس، کریستال‌های نشاسته گندم و ذرت می‌توانند با ساختار نوع C شناسایی شوند [۳۴]. پس از حرارت دادن و خنک کردن نشاسته‌های ذرت و گندم، مقداری از کریستال‌های نوع A به کریستال‌های نوع B تغییر یافتند. الگوی کریستالی نوع C مخلوطی از الگوی نوع A و الگوی B است [۳۵]. سایر پیک‌های کوچک مشاهده‌شده در الگوهای پراش پرتوی ایکس می‌توانند عمدتاً مربوط به ترکیبات کریستالی با اندازه مولکولی کوچک‌تر باشند. نتایج، شدت و موقعیت اوج‌های کریستالی خمیرهای نشاسته ذرت و گندم را در نتیجه افزودن زانتان و ساکارز نشان می‌دهند. الگوهای پراش پرتوی ایکس نشان دادند که شدت پیک‌های کریستالی خمیرهای بر پایه نشاسته شامل زانتان و ساکارز، بالاتر از شدت پیک‌های خمیرهای نشاسته خالص است. اضافه کردن زانتان و ساکارز، دمای ژلاتینی شدن را افزایش داد [۸].

۴-۵- ارزیابی ریزساختار با استفاده از میکروسکوپ الکترونی رویشی

تصاویر میکروسکوپ الکترونی رویشی از خمیرهای نشاسته با و بدون زانتان و ساکارز در شکل ۴ ارائه شده است.

که با الگوی کریستالی نوع V قابل شناسایی است. شواهد و مدارکی در خصوص تشکیل کریستال‌های نشاسته نوع V پس از تیمار حرارتی وجود دارد. الگوی بلوری نوع V به علت ایجاد کمپلکس بین پیچ‌های منفرد آمیلوز با اجزای قطبی و غیر قطبی مختلف تشکیل می‌شود [۳۶].

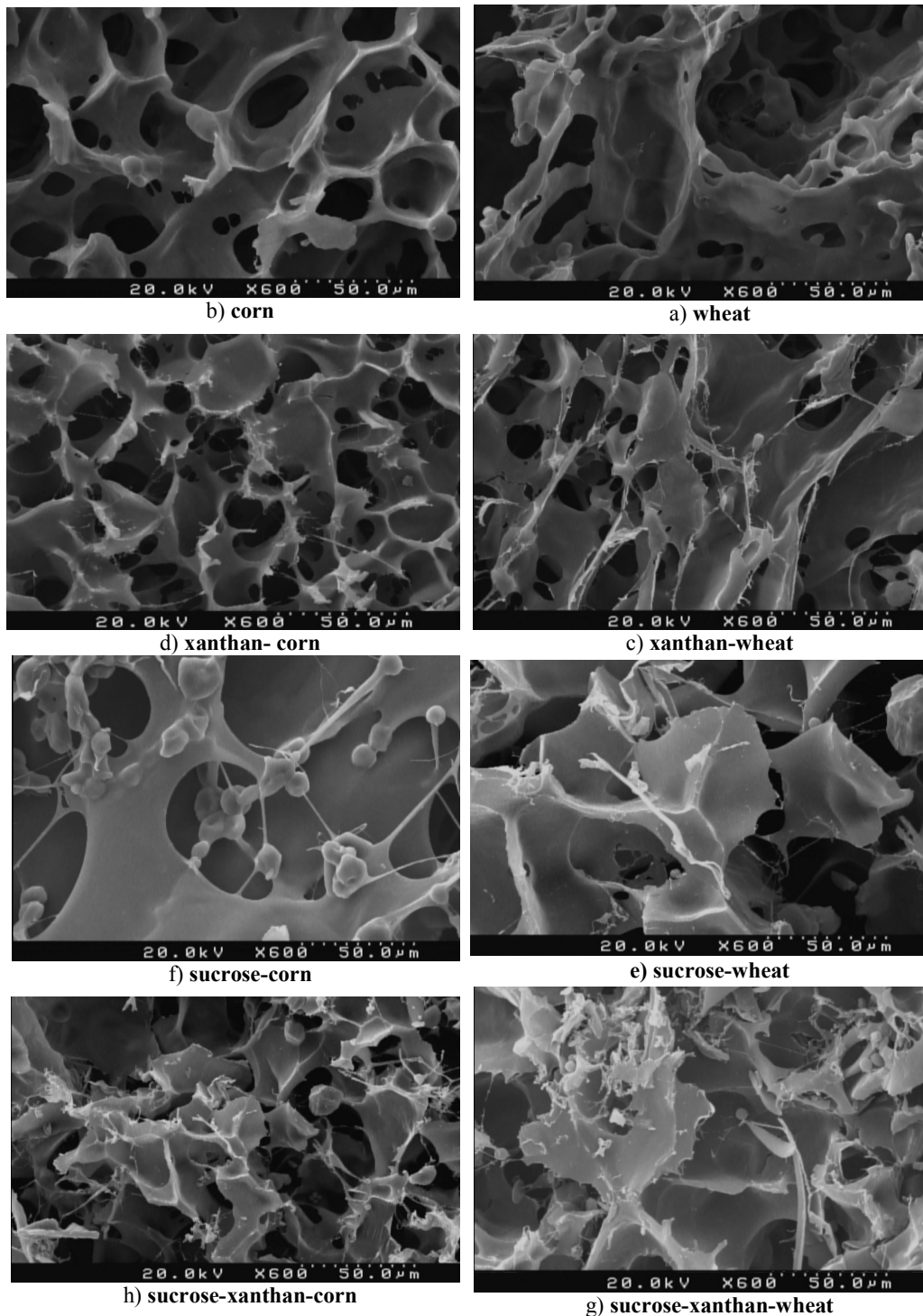


Fig 4 SEM images of the fractured surface of the starch-based paste a) wheat; b) corn; c) xanthan-wheat; d) xanthan-corn; e) sucrose-wheat; f) sucrose-corn; g) sucrose xanthan-wheat; h) sucrose-xanthan-corn

مصرف کنندگان بهبود بخشد. نتایج بررسی خصوصیات فیزیکی خمیرهای بر پایه نشاسته در حضور و غیاب زانتان و ساکارز مشخص کرد که ترکیب‌های شیمیایی نشاسته، تأثیر قابل توجهی بر انحلال پذیری، قدرت تورم، جذب آب و شفافیت خمیرهای نشاسته دارد. ارزیابی رئولوژیکی نشان دهنده رفتار رقیق‌شدگی برشی خمیرهای بر پایه نشاسته بود. افزودن توأم زانتان و ساکارز دارای آثار سینرژیستی بر افزایش خصوصیات گرانیوی ظاهری و خصوصیات رئولوژیکی دینامیکی خمیر نشاسته بود. وجود اثر برهمکنشی بین نشاسته، زانتان و ساکارز توسط طیف‌های FTIR، الگوهای پراش پرتوی ایکس و تصاویر SEM تأیید شد. تغییر شدت و موقعیت پیک‌های FTIR و XRD و تغییر در ساختار شبکه‌ای در اثر افزودن زانتان و ساکارز می‌تواند تأییدی برای حضور اثر برهمکنشی (تعاملی) بین نشاسته، زانتان و ساکارز باشد.

۶- منابع

- [1] Fu, Z. Zhang, L. Ren, M. H. & BeMiller, J. N. (2019). Developments in Hydroxypropylation of Starch: a review. *Starch-Stärke*, 71(1-2): 1800167.
- [2] Xu, Y. Chen, X. Xu, X. Wang, B. Du, X. & Chen, P. (2020). Investigation on the Crystal Transition of Maize Starch from Semi-crystalline to Amorphous State. *Journal of Cereal Science*, 92: 102924.
- [3] Shahzad, S. A. Hussain, S. Mohamed, A. A. Alamri, M. S. Qasem, A. A. A. & Osman, M. A. (2019). Pasting, thermal, textural and rheological properties of rice starch blended with 6 different hydrocolloid gums. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 56(3).
- [4] Habibi, H. & Khosravi-Darani, K. (2017). Effective variables on production and structure of xanthan gum and its food applications: A review. *Journal of Agricultural Biotechnology*. 10: 130-140.
- [5] Zheng, Y. Sun, W. Yang, W. Chen, S. Liu, D. Tian, J. & Ye, X. (2020). The influence of xanthan gum on rheological properties and in vitro digestibility of kudzu (*Pueraria lobata*) starch. *Starch-Stärke*, 72(3-4), 1900139.
- [6] Pourmohammadi, K. Abedi, E. Hashemi, S. M. B. & Torri, L. (2018). Effects of sucrose, isomalt and maltodextrin on microstructural, thermal, pasting and textural properties of wheat and cassava starch gel. *International journal of biological*

تصاویر، ساختار شبکه نشاسته را در اثر فرآیند ژلاتینیزاسیون (ژلاتینی شدن) حرارتی نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل‌های a و b نشان داده شده است، تفاوت‌های موجود در ساختار شبکه خمیرهای نشاسته گندم و ذرت می‌تواند به تفاوت بین نسبت آمیلوز به آمیلوپکتین نشاسته‌های گندم و ذرت نسبت داده شود. شکل c و d به ترتیب تأثیر افزودن زانتان بر ساختار شبکه خمیرهای نشاسته گندم و ذرت را ترسیم می‌کنند. مولکول‌های زانتان دارای ساختار مارپیچی انعطاف‌پذیری هستند. تصاویر نشان‌دهنده برهمکنش زنجیره‌های پلی‌ساکارید زانتان با یکدیگر و شبکه نشاسته جهت تولید یک ساختار شبکه‌ای پیچیده می‌باشد. تأثیر اضافه کردن ساکارز بر ساختار شبکه خمیرهای نشاسته گندم و ذرت در شکل‌های e و f نشان داده شده است. همان‌طور که در این شکل‌ها نشان داده شده است، در خمیر نشاسته ذرت، بخشی از گرانول‌های ساکارز، ساختار کریستالی اولیه خود را پس از ژلاتینی شدن حفظ کردند، درحالی‌که گرانول‌های ساکارز در خمیر نشاسته گندم، کاملاً ساختار کریستالی اولیه خود را از دست دادند. باید توجه شود که حضور ساکارز، ساختار شبکه نشاسته ذرت را تغییر داد، درحالی‌که زانتان تغییر معنی‌داری در ساختار شبکه نشاسته گندم به وجود نیاورد. شکل g و h تأثیر اضافه کردن هم‌زمان زانتان و ساکارز را به ترتیب بر ساختار شبکه صفحات گندم و ذرت نشان می‌دهند. این تصاویر، تأثیر معنادار زانتان و ساکارز بر ساختار شبکه خمیرهای نشاسته را آشکار کردند. تفاوت در تصاویر SEM در نتیجه افزودن جداگانه و توأم زانتان و ساکارز را می‌توان به برهمکنش موجود بین نشاسته، زانتان و ساکارز نسبت داد. در مقیاس بزرگنمایی کمتر حفرات و ریز ساختارها و علی‌الخصوص برهمکنش‌ها به خوبی نشان داده نمی‌شد.

۵- نتیجه‌گیری کلی

در صنایع غذایی، هیدروکلوئیدها معمولاً در غذاهای بر پایه نشاسته برای اصلاح بافت، بهبود و کنترل حفظ رطوبت و پذیرش آب محصولات غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرند. بعلاوه، قندها اجزای اصلی غذاهای بر پایه نشاسته هستند که نقش قابل توجهی را در واگشتگی و ژلاسیون خمیر نشاسته ایفا می‌کنند؛ بنابراین، استفاده مناسب این مواد سازنده می‌تواند فرآوری‌پذیری و کیفیت‌های نهایی غذاها را برای

- nanocomposite film containing true cardamom extract microencapsulation/CeO₂ nanoparticles/graphite carbon quantum dots: Investigating fluorescence, photocatalytic and antimicrobial properties. *Food Packaging and Shelf Life*, 33, 100912.
- [17] Rasul, N. H., Asdagh, A., Pirsā, S., Ghazanfarirad, N., & Sani, I. K. (2022). Development of antimicrobial/antioxidant nanocomposite film based on fish skin gelatin and chickpea protein isolated containing Microencapsulated *Nigella sativa* essential oil and copper sulfide nanoparticles for extending minced meat shelf life. *Materials Research Express*, 9(2), 025306.
- [18] Kim, H. S. Patel, B. & BeMiller, J. N. (2013). Effects of the amylose-amylopectin ratio on starch-hydrocolloid interactions. *Carbohydrate polymers*, 98(2), 1438-1448.
- [19] Li, W. Wu, G. Luo, Q. Jiang, H. Zheng, J. Ouyang, S. & Zhang, G. (2016). Effects of removal of surface proteins on physicochemical and structural properties of A-and B-starch isolated from normal and waxy wheat. *Journal of food science and technology*, 53(6), 2673-2685.
- [20] Jayakody, L. Lan, H. Hoover, R. Chang, P. Liu, Q. & Donner, E. (2007). Composition, molecular structure, and physicochemical properties of starches from two grass pea (*Lathyrus sativus* L.) cultivars grown in Canada. *Food Chemistry*, 105(1), 116-125.
- [21] Hoover, R. (2001). Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starches: a review. *Carbohydrate polymers*, 45(3), 253-267.
- [22] Puri, R. Gill, B. S. & Khetra, Y. (2014). Effect of Acacia gum, NaCl, and sucrose on physical properties of lotus stem starch. *International journal of food science*, 2014.
- [23] Chen, H. H. Wang, Y. S. Leng, Y. Zhao, Y. & Zhao, X. (2014). Effect of NaCl and sugar on physicochemical properties of flaxseed polysaccharide-potato starch complexes. *Science Asia*, 40(1), 60-68.
- [24] Chaisawang, M. & Suphantharika, M. (2006). Pasting and rheological properties of native and anionic tapioca starches as modified by guar gum and xanthan gum. *Food Hydrocolloids*, 20(5), 641-649.
- [25] Chao, C. Yu, J. Wang, S. Copeland, L. & macromolecules, 120, 1935-1943.
- [7] Abdel-Aal, E. S. M. Rabalski, I. Hernandez, M. L'Hocine, L. Patterson, C. A. & Hucl, P. (2019). Effect of sodium chloride, sucrose, and xanthan gum on pasting properties and gel syneresis of hairless canary seed starch. *Cereal Chemistry*, 96(5), 908-919.
- [8] Zolelmein, A. Movahhed, S. Azizi, M. H. & Ahmadi Chenarbon, H. (2019). Assessment of simultaneous addition of sucrose and xanthan effects on the thermal, pasting, and rheological behavior of corn starch. *Journal of texture studies*, 51(3), 453-463.
- [9] Pratiwi, M. Faridah, D. N. & Lioe, H. N. (2018). Structural changes to starch after acid hydrolysis, debranching, autoclaving-cooling cycles, and heat moisture treatment (HMT): A review. *Starch-Stärke*, 70(1-2), 1700028.
- [10] De Souza Gomes, D. do Prado Cordoba, L. Rosa, L. S. Spier, M. R. Schnitzler, E. & Waszczynskyj, N. (2018). Thermal, pasting properties and morphological characterization of pea starch (*Pisum sativum* L.), rice starch (*Oryza sativa*) and arracacha starch (*Arracacia xanthorrhiza*) blends, established by simplex-centroid design. *Thermochimica Acta*, 662, 90-99.
- [11] McGrance, S. J. Cornell, H. J. & Rix, C. J. (1998). A simple and rapid colorimetric method for the determination of amylose in starch products. *Starch-Stärke*, 50(4), 158-163.
- [12] Nadiha, M. N. Fazilah, A. Bhat, R. & Karim, A. A. (2010). Comparative susceptibilities of sago, potato and corn starches to alkali treatment. *Food Chemistry*, 121(4), 1053-1059.
- [13] Hedayati, S. & Niakousari, M. (2018). Microstructure, pasting and textural properties of wheat starch-corn starch citrate composites. *Food hydrocolloids*, 81, 1-5.
- [14] Waliszewski, K. N. Aparicio, M. A. Bello, L. A. & Monroy, J. A. (2003). Changes of banana starch by chemical and physical modification. *Carbohydrate polymers*, 52(3), 237-242.
- [15] Chang, Y. H. Lim, S. T. & Yoo, B. (2004). Dynamic rheology of corn starch-sugar composites. *Journal of Food Engineering*, 64(4), 521-527.
- [16] Sani, I. K., & Alizadeh, M. (2022). Isolated mung bean protein-pectin

- M. R. & Aguilar-Méndez, M. A. (2019). Tapioca starch-galactomannan systems: Comparative studies of rheological and textural properties. *International journal of biological macromolecules*, 122, 1173-1183.
- [32] Pongsawatmanit, R. Temsiripong, T. & Suwonsichon, T. (2007). Thermal and rheological properties of tapioca starch and xyloglucan mixtures in the presence of sucrose. *Food research international*, 40(2), 239-248.
- [33] Lopez-Silva, M. Bello-Perez, L. A. Agama-Acevedo, E. & Alvarez-Ramirez, J. (2019). Effect of amylose content in morphological, functional and emulsification properties of OSA modified corn starch. *Food Hydrocolloids*, 97, 105212.
- [34] Li, C. Gong, B. Hu, Y. Liu, X. Guan, X. & Zhang, B. (2020). Combined crystalline, lamellar and granular structural insights into in vitro digestion rate of native starches. *Food Hydrocolloids*, 105, 105823.
- [35] Luckett, C. R. & Wang, Y. J. (2012). Effects of β -amylolysis on the resistant starch formation of debranched corn starches. *Journal of agricultural and food chemistry*, 60(18), 4751-4757.
- [36] Hasjim, J. & Jane, J. L. (2009). Production of resistant starch by extrusion cooking of acid-modified normal-maize starch. *Journal of food science*, 74(7), C556-C562.
- Wang, S. (2018). Mechanisms underlying the formation of complexes between maize starch and lipids. *Journal of agricultural and food chemistry*, 66(1), 272-278.
- [26] Koo, S. H. Lee, K. Y. & Lee, H. G. (2010). Effect of cross-linking on the physicochemical and physiological properties of corn starch. *Food hydrocolloids*, 24(6-7), 619-625.
- [27] Nagano, T. Tamaki, E. & Funami, T. (2008). Influence of guar gum on granule morphologies and rheological properties of maize starch. *Carbohydrate Polymers*, 72(1), 95-101.
- [28] Morikawa, K. & Nishinari, K. (2000). Effects of concentration dependence of retrogradation behaviour of dispersions for native and chemically modified potato starch. *Food Hydrocolloids*, 14(4), 395-401.
- [29] Wang, B. Wang, L. J. Li, D. Özkan, N. Li, S. J. & Mao, Z. H. (2009). Rheological properties of waxy maize starch and xanthan gum mixtures in the presence of sucrose. *Carbohydrate Polymers*, 77(3), 472-481.
- [30] Kashyap, P. & Jindal, N. (2019). Effect of date syrup on physicochemical, pasting, textural, rheological and morphological properties of sweet potato starch. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 13(3): 2398-2405.
- [31] Von Borries-Medrano, E. Jaime-Fonseca,



The effect of xanthan and sucrose on the physicochemical, rheological and morphological properties of wheat and corn starches

Zolelmein, A. ¹, Movahhed, S. ^{2*}, Azizi, M. H. ³, Ahmadi Chenarbon, H. ⁴

1. Ph.D. Department of Food Science and Technology, College of Agriculture, Varamin - Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran

2. Associated Professor. Department of Food Science and Technology, College of Agriculture, Varamin - Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran

3. Professor. Department of Food Science and Technology, College of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

4. Assistant Professor. Department of Agronomy, College of Agriculture, Varamin - Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran.

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article History:

Received 2022/ 11/ 16
Accepted 2023/ 01/ 15

Keywords:

Starch,
Xanthan,
Sucrose,
Physicochemical properties,
Rheology.

DOI: 10.22034/FSCT.19.132.77
DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.132.6.9

*Corresponding Author E-Mail:
movahhed@iauvaramin.ac.ir

The increase in the need for starch in the food processing industry has led to the recognition of the effect of other food compounds on the processing of starch-based foods. Xanthan and sugar are commonly used as hydrocolloids and sweeteners, respectively, in starch-based foods. These constituents can affect the structural, thermal, adhesive (dough) and rheological properties of these types of foods. The purpose of this study is to analyze the effect of sucrose and xanthan on the physicochemical, rheological and morphological characteristics of starch pastes. In addition, the comparison of the effect of the combination of xanthan and sucrose on corn and wheat starch pastes has been done in this study. In this research, the concentration of xanthan was 1% by weight and sucrose was 5% by weight, and the mixtures were prepared based on starch (corn or wheat starch). The results showed that in the presence and absence of xanthan 1% by weight and sucrose 5% by weight, the starch dough had a significant difference in terms of solubility, swelling power, water absorption, and dough transparency ($p < 0.05$). Rheological tests revealed that all pastes exhibited shear thinning behavior. By adding xanthan and sucrose, the apparent viscosity, storage modulus and loss modulus of starch pastes increased. Fourier transform infrared spectra showed the change in the intensity and wavelength of absorption peaks due to the addition of xanthan and sucrose. The measurements of scanning electron microscope and X-ray diffraction proved that as a result of adding xanthan and sucrose during gelatinization, changes were made in the network structure. The results of this study can improve processing and find optimal processing conditions to produce food based on Starch like baby food, bread, sweets, etc. help.