

تأثیر ساکارز و گلوکز بر خواص عملکردی نشاسته ذرت

سارا هدایتی^۱، مهسا مجذوبی^۲، فخری شهیدی^{۳*}، آرش کوچکی^۴، عسگر فرحناکی^۵

۱- دانش آموخته دکترای گروه علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

۲- دانشیار بخش علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

۳- استاد گروه علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

۴- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

۵- استاد بخش علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

(تاریخ دریافت: ۹۵/۱۰/۰۴ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۴/۱۷)

چکیده

نشاسته در محصولات غذایی مختلف کاربرد گسترده‌ای دارد. بسیاری از این محصولات حاوی مواد قندی می‌باشند که می‌توانند تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر خواص عملکردی نشاسته داشته باشند. لذا در این پژوهش تأثیر ساکارز و گلوکز در غلظت‌های ۰، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰٪ (به ازای وزن خشک نشاسته) بر میزان جذب آب، ویژگی‌های خمیری شدن، پارامترهای بافتی و آب اندازینشاسته ذرت مورد بررسی قرار گرفت. جذب آب نشاسته در نمونه کنترل ۸/۷۰ بود اما با افزایش غلظت قند جذب آب روند کاهشی داشت و در بیشترین غلظت ساکارز و گلوکز به ترتیب به ۵/۹۹ و ۶/۷۰ رسید. ویسکوزیته اوج، شکست، بازگشت و نهایی نیز با افزایش غلظت قندها کاهش معنی داری (در سطح احتمال ۰/۰۵) داشتند اما دمای خمیری شدن که در نمونه شاهد ۶۵/۵۵ بود در نمونه حاوی ۴۰٪ ساکارز به ۷۱/۱۲ و در نمونه حاوی ۴۰٪ گلوکز به ۶۸/۹۰ افزایش یافت. پارامترهای بافتی از جمله سفتی، پیوستگی، صمغی بودن و مقاومت به جویدن با افزایش غلظت قندها کاهش یافتند اما میزان فنریت ژل‌های نشاسته در همه نمونه‌ها یکسان بود. افزایش غلظت قندها باعث افزایش مقاومت به ذوب و انجمادگردید به نحوی که میزان آب اندازی ژل نشاسته بدون قند بعد از پنج مرحله انجماد و ذوب به ۲۴٪ رسید اما در نمونه حاوی ۴۰٪ ساکارز ۱۰٪ و در نمونه حاوی ۴۰٪ گلوکز ۱۴٪ آب اندازی مشاهده گردید. در کلیه فاکتورهایی که مورد ارزیابی قرار گرفتند ساکارز تأثیر بیشتری بر خواص عملکردی نشاسته داشت.

کلید واژگان: نشاسته ذرت، ساکارز، گلوکز، خواص عملکردی

* مسئول مکاتبات: fshahidi@um.ac.ir

۱- مقدمه

نشاسته منبع ذخیره انرژی در گیاهان است که در دانه، ریشه، غده، ساقه و برگ‌های آن‌ها تجمع می‌یابد. این پلی ساکارید به وفور و با قیمت ارزان یافت می‌شود و به دلیل ویژگی‌های عملکردی منحصر به فردی که دارد به عنوان عامل ژل دهنده، قوام دهنده، جاذب آب، پرکننده، پایدارکننده و جایگزین چربیدر محصولات غذایی استفاده می‌شود [۱، ۲، ۳]. نشاسته در آمیلوپلاست به صورت گرانولی تجمع می‌یابد. اندازه، شکل و آرایش مولکولی گرانول‌ها به عوامل ژنتیکی، محیطی و اثرات متقابل آن‌ها بستگی دارد. نشاسته یک هوموپلی ساکارید است که ساختار پلیمری دی-گلوکوپیرانوزی دارد و واحدهای گلوکوزی آن با پیوندهای α -(1→6) و α -(1→4) به یکدیگر متصل شده‌اند. این پلیمر از زنجیره‌هایی به نام آمیلوز و آمیلوپکتین تشکیل شده است کهوزن مولکولی و طول آن‌ها به گیاهی که نشاسته از آن استخراج شده بستگی دارد. گرانول‌های نشاسته از دامنه‌های آمورف و کریستالی تشکیل شده است که به صورت دایره‌های متحدالمركز متناوب قرار گرفته‌اند و منجر به ایجاد ساختار نیمه کریستالی در گرانول‌ها می‌شود. درصد کریستالی بودن گرانول‌های نشاسته طبیعی پانزده تا چهل و پنج درصد گزارش شده است و عمدتاً به میزان آمیلوپکتین وابسته می‌باشد. دامنه‌های کریستالی عمدتاً از مارپیچ‌های دوگانه آمیلوپکتین و دامنه‌های آمورف عمدتاً از آمیلوز تشکیل شده‌اند [۴]. به دلیل ساختار نیمه کریستالی، گرانول‌های نشاسته طبیعی در آب سرد نامحلول هستند اما، با حرارت دادن نشاسته در آب اضافی گرانول‌ها به شکل غیر قابل برگشتی آب جذب نموده و متورم می‌گردند و پیوندهای هیدروژنی آن‌ها شکسته می‌شود این پدیده ژلاتینه شدن نام دارد و باعث بروز خواص عملکردی مطلوب نشاسته از جمله قوام دهنده می‌گردد. پس از سرد شدن خمیر نشاسته پدیده ژله‌ای شدن نشاسته رخ می‌دهد که از مهمترین ویژگی‌های نشاسته می‌باشد. میزان سفتی و سایر پارامترهای بافتی ژل نشاسته به میزان آمیلوز، وزن مولکولی و منبع استخراج نشاسته بستگی دارد. در محصولات غذایی که از نشاسته تولید می‌شوند معمولاً از موادی نظیر قندها، نمک‌ها، چربی و روغن‌ها و اسیدهای آلی نیز به منظور بهبود طعم و بافت استفاده می‌گردد که بر بسیاری از ویژگی‌های

فیزیکوشیمیایی نشاسته تاثیر قابل ملاحظه‌ای دارند. نحوه و میزان تاثیر، به نوع و غلظت این ترکیبات و نشاسته بستگی دارد. تا کنون تحقیقات متعددی در مورد تاثیر قندها بر ویژگی‌های نشاسته‌های مختلف انجام شده است. رینکه و همکاران (۲۰۱۱) به بررسی تاثیر ساکارز و مالتوز بر ژلاتینه شدن نشاسته‌های گندم، تاپیوکا و سیب زمینی تحت فرآیند فشار بالا پرداختند. یافته‌های آنان حاکی از این بود که فرایند فشار بالا ساینز گرانول‌ها را افزایش می‌دهد اما قندها افزایش ساینز گرانول‌ها را مهار می‌کنند و ساکارز تاثیر بیشتری بر جلوگیری از افزایش ساینز گرانول‌ها دارد [۵]. ژنگ و همکاران (۲۰۱۲) به بررسی تاثیر گلوکز، ساکارز و ترهالوز بر مقاومت به ذوب و انجماد نشاسته تاپیوکا پرداختند. برای این منظور ۶، ۱۲ و ۱۶ درصد قند به ژل ۶ درصد نشاسته افزوده شد و داده‌ها نشان داد که با افزایش غلظت قند آب اندازی کم می‌شود. روند کاهش آب اندازی بدین ترتیب بود: ترهالوز < ساکارز < گلوکز. تصاویر میکروسکوپ الکترونی نیز نشان داد که اندازه حفرات نمونه‌های حاوی ترهالوز کوچکتر و ضخامت دیواره حفره‌ها بیشتر بود. داده‌های آزمون گرماسنجی افتراقی نشان داد که در حضور قندها رتروگرید شدن به تعویق افتاد و ترهالوز موثرتر از سایر قندها بود [۶]. نشاسته ذرت پرکاربردترین نشاسته در محصولات غذایی می‌باشد که عمدتاً حاوی مقادیر مختلف ساکارز و گلوکز هستند اما تاکنون پژوهشی به منظور مقایسه تاثیر سطوح مختلف این دو قند بر ویژگی‌های عملکردی نشاسته ذرت صورت نگرفته است. لذا در این پژوهش به بررسی تاثیر ساکارز و گلوکز در سطوح ۰، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰٪ بر نشاسته ذرت پرداخته شده است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد اولیه

نشاسته ذرت طبیعی از کارخانه نشاسته مهشاد یزدخریداری گردید. ساکارز و گلوکز از شرکت مرکآلمان تهیه شد.

۲-۲- جذب آب

میزان جذب آب نشاسته ذرت توسط روش لیچ و همکاران (۱۹۵۹) تعیین شد. بدین منظور ۳۰ میلی لیتر آب یون زدایی شده

یا محلول قندی با غلظت مشخص در لوله سانتیفریوژ ریخته شد و ۱ گرم نشاسته به هر یک از لوله‌ها اضافه گردید. لوله‌های حاوی نمونه به مدت ۳۰ دقیقه در حمام آب گرم با دمای 95°C قرار گرفتند و در طی این مدت چند بار توسط همزن گردابی به هم زده شدند. سپس توسط آب سرد خنک شدند و به دمای محیط رسیدند و به مدت ۱۵ دقیقه در $700 \times \text{g}$ سانتیفریوژ گردیدند، پس از تخلیه مایع شفاف فوقانی رسوب ته هر یک از لوله‌ها توزین شد و با استفاده از فرمول شماره ۱ میزان جذب آب محاسبه گردید [۷].

[۱] وزن خشک نشاسته اولیه/وزن رسوب ته لوله = جذب آب

۲-۳- تعیین خصوصیات خمیری شدن نشاسته

به منظور بررسی تغییرات ویسکوزیته نشاسته در حین حرارت دیدن از دستگاه آنالیز سریع ویسکوزیته (RVA) (مدل Masterstarch2، ساخت استرالیا) استفاده شد. $3/5$ گرم نشاسته به ۲۵ گرم آب یون زدایی شده یا محلول قندی که در ظرف دستگاه RVA توزین شده بود اضافه شد. این مخلوط درون دستگاه RVA قرار داده شد و تغییرات ویسکوزیته با استفاده از پروبیل دمایی استاندارد دستگاه مورد بررسی قرار گرفت. در این فرایند دما به مدت ۱ دقیقه در ۵۰ درجه سانتی-گراد باقی ماند و در ادامه با سرعت ۵ درجه سانتی-گراد در دقیقه به ۹۵ درجه سانتی-گراد افزایش یافت و سه دقیقه در این دما به هم زده شد. سپس دما با سرعت ۵ درجه سانتی-گراد در دقیقه به ۵۰ درجه سانتی-گراد رسید و ۲ دقیقه در این دما به هم زده شد. سرعت پدال دستگاه در ده ثانیه ابتدایی آزمون ۹۶۰ دور در دقیقه بود و پس از آن به ۱۶۰ دور در دقیقه کاهش یافت و پارامترهایی نظیر دمای خمیری شدن، ویسکوزیته اوج، شکست، بازگشت و نهایی تعیین گردید.

۴-۲- بررسی ویژگی‌های بافتی خمیر نشاسته

از دستگاه بافت سنج (Stable Microsystems, Texture Analyzer, TA-XT2i) ساخت انگلستان و آزمون آنالیز پروفیل بافت (Texture Profile Analysis (TPA) برای اندازه گیری خصوصیات بافتی ژل نشاسته استفاده شد. سرعت حرکت پروب یک میلی‌متر در ثانیه بود و نمونه‌ها تا ۲۵ درصد

ارتفاع اولیه با استفاده از یک پروب ۴۰ میلی‌متری فشرده شدند. برای این منظور خمیر نشاسته حاصل از آزمون خمیری شدن در قالب های مخصوص ریخته شد و ۲۴ ساعت در یخچال قرار گرفت. سپس پارامترهایی بافتی سفتی بافت (حداکثر نیرو در اولین مرحله فشردن)، پیوستگی بافت (سطح زیر منحنی دوم تقسیم بر سطح زیر منحنی اول)، فنریت (بازگشت نمونه به حالت اولیه پس از فشرده کردن)، صمغی بودن (حاصلضرب سختی در پیوستگی) و مقاومت به جویدن (حاصلضرب صمغی بودن در فنریت) مورد بررسی قرار گرفت نظیر سفتی، پیوستگی، فنریت، صمغی بودن و مقاومت به جویدن توسط نرم افزار (Textureexponentlite) محاسبه گردید [۸].

۲-۵- آزمون مقاومت به ذوب و انجماد ژل

نشاسته

به منظور بررسی پایداری نشاسته به دوره های متناوب انجماد و یخ زدایی، ابتدا سوسپانسیون ۵ درصد نشاسته در آب یون زدایی شده یا محلول قندی با غلظت مشخص تولید و به مدت ۳۰ دقیقه در حمام آب گرم دمای 95°C قرار گرفت. در این مدت نمونه چند مرتبه با استفاده از همزن گردابی به هم زده شدند. سپس، دمای نمونه ها با استفاده از آب سرد به دمای محیط رسانده شد. ۱۰ گرم از خمیر نشاسته به لوله های سانتیفریوژ که از قبل وزن شده، منتقل گردید و تحت پنج دوره انجماد و یخ زدایی متناوب قرار گرفت. انجماد به مدت ۲۴ ساعت در دمای -18°C درجه سانتیگراد و ذوب به مدت ۴ ساعت در دمای 25°C درجه سانتیگراد انجام شد. بعد از هر چرخه انجماد و یخ زدایی، نشاسته سانتیفریوژ شد و میزان آب جدا شده بعد از هر چرخه به صورت درصدی از کل نمونه تعیین گردید [۹].

۲-۶- آنالیز آماری

در این پژوهش از طرح آماری کاملاً تصادفی استفاده و کلیه آزمون-ها حداقل سه مرتبه تکرار شد. نتایج به دست آمده با استفاده از آنالیز واریانس، مورد ارزیابی قرار گرفت و وجود اختلاف آماری معنی دار (در سطح ۵٪) بین تیمارهای مختلف توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن با استفاده از نرم افزار SPSS ۲۲ معین گردید.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- جذب آب

نتایج آزمون جذب آب (جدول ۱) نشان داد که با افزایش غلظت قندها، جذب آب نشاسته‌ها کاهش معنی داری (سطح احتمال ۰/۰۵) یافت. آمیلوز عامل ممانعت کننده از تورم گرانول‌های نشاسته است و جذب آب با میزان نشست آمیلوز از گرانول‌ها در طی ژلاتینه شدن رابطه مستقیم دارد [۱۰]. یافته‌های هیراشیما و همکاران (۲۰۰۵) نشان داده است که قندها به زنجیره‌های آمیلوز

درون گرانول‌های نشاسته متصل شده و مانع از خروج آن‌ها از گرانول‌های نشاسته در حین ژلاتینه شدن می‌گردند [۱۱]. ساکارز در مقایسه با گلوکز تاثیر بیشتری در کاهش جذب آب نشاسته‌ها داشت. رینکهوهمکاران (۲۰۱۱) نیز بابررسی تاثیر قندها بر نشاسته‌های گندم، تاپوکا و سیب زمینی دریافتند که تاثیر ساکارز بر جلوگیری از تورم گرانول‌ها بیشتر است [۵]. ساکارز یک دی ساکارید می‌باشد و در مقایسه با گلوکز که یک منوساکارید است تاثیر بیشتری در مهار تورم گرانول‌ها دارد.

Table 1 Influence of sucrose and glucose on water absorption of maize starch.

Sugar concentration (%)	Sugar type	
	Sucrose	Glucose
0	8.70±0.22 ^a	8.70±0.22 ^a
10	7.88±0.17 ^c	8.29±0.15 ^b
20	7.18±0.18 ^e	7.52±0.18 ^d
30	6.32±0.30 ^g	7.10±0.15 ^e
40	5.99±0.08 ^h	6.70±0.19 ^f

Mean of three replications ± standard deviation. The values followed by different small letters are statistically different ($P < 0.05$).

۳-۲- پارامترهای خمیری شدن نشاسته

نتایج حاصل از دستگاه RVA در جدول ۲ نشان داده شده است. با افزایش غلظت ساکارز و گلوکز دمای خمیری شدن به طرز معنی داری (سطح احتمال ۰/۰۵) افزایش یافت. دلیل این امر عدم تورم گرانول‌های نشاسته در حضور قندها می‌باشد و بیشترین دمای خمیری شدن در نمونه حاوی ۴۰٪ ساکارز مشاهده گردید که با داده‌های آزمون جذب آب همخوانی دارد. احمد (۲۰۱۲) نیز گزارش نمود که افزودن ساکارز به نشاسته ماش باعث افزایش دمای ژلاتینه شدن آن می‌گردد [۱۲]. سایر پارامترهای خمیری شدن (ویسکوزیته اوج، شکست، بازگشت و نهایی) در حضور قندها کاهش یافت. ویسکوزیته اوج حداکثر ویسکوزیته‌ای است که نشاسته در طی حرارت دهی ایجاد می‌نماید و نشان دهنده ظرفیت جذب آب نشاسته می‌باشد. قندها با ممانعت از ورود آب به گرانول‌ها منجر به افزایش آب موجود در فضای بین گرانول‌ها می‌گردند و ویسکوزیته اوج را کاهش می‌یابد. پس از رسیدن دمای خمیر نشاسته به ۹۵ درجه سانتی‌گراد دما ثابت باقی می‌ماند اما همچنان به هم زده می‌شود بنابراین در اثر جذب بیشتر آب و تنشی که به گرانول‌ها وارد می‌شود تخریب شده و می‌ترکند. در اثر از دست رفتن ساختار گرانولی و آزاد شدن آب به فضای بین

گرانول‌ها ویسکوزیته کاهش می‌یابد این مرحله ویسکوزیته شکست نام دارد [۱۳]. معمولاً عواملی که تورم گرانول‌ها را کاهش می‌دهند منجر به افزایش استحکام گرانول‌ها و کاهش ویسکوزیته شکست می‌گردند بنابراین حضور قندها ویسکوزیته شکست را کاهش داد. در ادامه آزمون، خمیر نشاسته سرد می‌شود و آمیلوزهای خارج شده از گرانول‌ها با یکدیگر و با بقایای گرانول‌ها اتصال برقرار می‌کنند، در نتیجه ویسکوزیته خمیر نشاسته زیاد می‌شود. این افزایش ویسکوزیته بازگشت نام دارد [۱۴، ۱۵، ۱۶] میزان ویسکوزیته در پایان آزمون خمیری شدن نیز ویسکوزیته نهایی نامیده می‌شود. ویسکوزیته نهایی و بازگشت نشان دهنده تمایل به تشکیل ژل و رتروگرید شدن نشاسته در اثر سرد شدن می‌باشد. از آنجا که قندها خروج آمیلوز از گرانول‌ها را کاهش می‌دهند، آمیلوز کافی برای تشکیل یک شبکه سه بعدی منسجم وجود ندارد. بنابراین، ویسکوزیته بازگشت و نهایی کاهش می‌یابد. شرما و همکاران (۲۰۰۹) نیز با بررسی تاثیر سطوح مختلف گلوکز، ساکارز و فروکتوز بر ویژگی‌های خمیری شدن نشاسته کاساوا دریافتند که با افزایش غلظت قندها ویسکوزیته اوج و ویسکوزیته نقطه شکست کاهش می‌یابد و تاثیر ساکارز بیشتر از سایر قندها می‌باشد [۱۷].

Table 2 Influence of sucrose and glucose on pasting properties of maize starch.

Sugar type	Concentration (%)	Pasting temperature (°C)	Peak viscosity (cP)	Breakdown (cP)	Setback (cP)	Final viscosity (cP)
Sucrose	0	65.55±0.18 ^e	3324±26.87 ^a	1893±23.33 ^a	2067±15.56 ^a	3499±19.09 ^a
	10	66.06±0.21 ^e	3161±9.19 ^b	1777±51.62 ^{bc}	1964±9.90 ^b	3340±45.25 ^b
	20	67.60±0.85 ^e	2984±31.82 ^{de}	1698±33.94 ^{cd}	1921±24.75 ^{bc}	3206±22.63 ^c
	30	69.70±0.59 ^b	2837±36.77 ^f	1615±17.68 ^e	1845±39.60 ^{de}	3068±58.69 ^d
	40	71.12±0.29 ^a	2760±20.51 ^f	1488±34.65 ^f	1699±31.82 ^f	2971±17.68 ^e
Glucose	10	65.38±0.18 ^e	3280±27.58 ^a	1851±41.72 ^{ab}	2030±33.94 ^a	3460±35.36 ^a
	20	66.30±0.11 ^{de}	3097±40.31 ^{bc}	1708±11.31 ^{cd}	1945±10.61 ^b	3333±18.38 ^b
	30	67.17±0.23 ^{cd}	3049±53.74 ^{cd}	1641±40.31 ^{de}	1880±16.26 ^{cd}	3288±2.83 ^b
	40	68.90±0.28 ^b	2960±62.23 ^e	1618±30.41 ^e	1795±6.36 ^e	3131±24.04 ^d

Mean of three replications ± standard deviation. The values followed by different small letters in the same column are statistically different ($P < 0.05$).

۳-۳- ویژگی‌های بافتی خمیر نشاسته

جدول ۳ پارامترهای بافتی ژل‌های نشاسته ذرت در حضور قندها را نشان می‌دهد. میزان سفتی بافت نمونه شاهد بیشتر از سایر نمونه‌ها بود و با افزایش غلظت قندها این پارامتر کاهش یافت (سطح احتمال ۰/۰۵). سفتی نشان دهنده بیشینه نیرو برای فشردن ژل نشاسته در مرحله اول آزمون TPA را نشان می‌دهد. قندها با ممانعت از تورم و خروج آمیلوز از گرانول‌ها باعث کاهش سفتی ژل نشاسته می‌شوند. پیوستگی بافت معیاری از مقاومت ساختار

داخلی ژل در مقابل شکستن است. ژل نشاسته حاوی ۴۰٪ ساکارز کمترین میزان نشت آمیلوز را داشت و ژل ضعیف‌تری ایجاد نمود بنابراین پیوستگی بافت آن نیز کمتر از سایر نمونه‌ها بود. ارتجاع پذیرایی‌فراپشتوانایی یک نمونه در بازگشت به حالت اولیه بعد فشرده شدن را نشان می‌دهد. میزان فنریت همه نمونه‌ها بسیار بالا بود و افزودن قندها تغییری در این پارامتر ایجاد نمود. صمغی بودن و مقاومته‌ی جویدن نیز با افزایش غلظت قند کاهش یافتند که به دلیل تاثیر قندها در کاهش سفتی و پیوستگی ژل نشاسته می‌باشد.

Table 3 Influence of sucrose and glucose on textural parameters of maize starch.

Sugar type	Concentration (%)	Hardness(g)	Cohesiveness	Springiness	Gumminess(g)	Chewiness (g)
Sucrose	0	210±3.61 ^a	0.889±0.012 ^a	0.993±0.004 ^a	187±5.43 ^a	185±5.57 ^a
	10	193±3.06 ^{bc}	0.866±0.016 ^{ab}	0.987±0.007 ^a	168±5.38 ^b	165±4.58 ^b
	20	180±5.51 ^{de}	0.829±0.010 ^c	0.989±0.003 ^a	150±5.82 ^{cd}	148±5.90 ^{cd}
	30	165±4.73 ^f	0.781±0.036 ^d	0.993±0.004 ^a	129±7.81 ^e	127±7.80 ^e
	40	150±3.00 ^g	0.703±0.010 ^e	0.990±0.007 ^a	105±1.82 ^f	104±1.24 ^f
Glucose	10	198±7.64 ^b	0.882±0.008 ^a	0.982±0.011 ^a	174±8.09 ^b	171±9.84 ^b
	20	185±4.62 ^{cd}	0.845±0.007 ^{bc}	0.984±0.013 ^a	157±4.44 ^c	154±6.20 ^c
	30	173±5.13 ^e	0.818±0.013 ^c	0.991±0.005 ^a	142±6.40 ^d	141±6.89 ^d
	40	164±4.72 ^f	0.761±0.016 ^d	0.987±0.006 ^a	125±2.72 ^e	123±2.32 ^e

Mean of three replications ± standard deviation. The values followed by different small letters in the same column are statistically different ($P < 0.05$).

۳-۴- آب اندازی

میزان آب اندازی ژل‌های نشاسته در طی ۵ سیکل انجماد و ذوب در شکل یک نشان داده شده است. با وجود اینکه پیش از انجماد میزان جذب آب نمونه‌های حاوی قند کمتر بود اما در طی سیکل‌های انجماد و ذوب حضور قندها باعث کاهش آب اندازی ژل‌های نشاسته گردید. قندها به عنوان مواد محافظ سرمایی به منظور کاهش آب اندازی در محصولات غذایی منجمد کاربرد

گسترده‌ای دارند. در نشاسته نیز قندها با کند نمودن سرعت تروگرید شدن نشاسته آب اندازی ژل نشاسته را کاهش می‌دهند. تاثیر ساکارز در کاهش سینرسیس بیشتر از گلوکز بود. ساکارز یک دی ساکارید است بنابراینوزن مولکولی و گروه‌های هیدروکسیل بیشتری دارد و در کاهش آسیب سرمایی به خمیر نشاسته موثرتر می‌باشد [۱۸، ۱۹]. هدایتی و همکاران (۲۰۱۶) نیز با بررسی تاثیر، گلوکز و ساکارز بر آب اندازی نشاسته ذرتپیش

مولکولی پایبندی دارد کمتر ساکارز که یک دی ساکارید است می‌باشد [۲۰، ۲۱].

ژلاتینه و گرانولی قابل تورم در آب سرد به این نتیجه رسیدند که قندها با کند نمودن روند رتروگرید شدن نشاسته میزان آب اندازی را کاهش می‌دهند و تاثیر گلوکز که یک مونوساکارید بوده و وزن

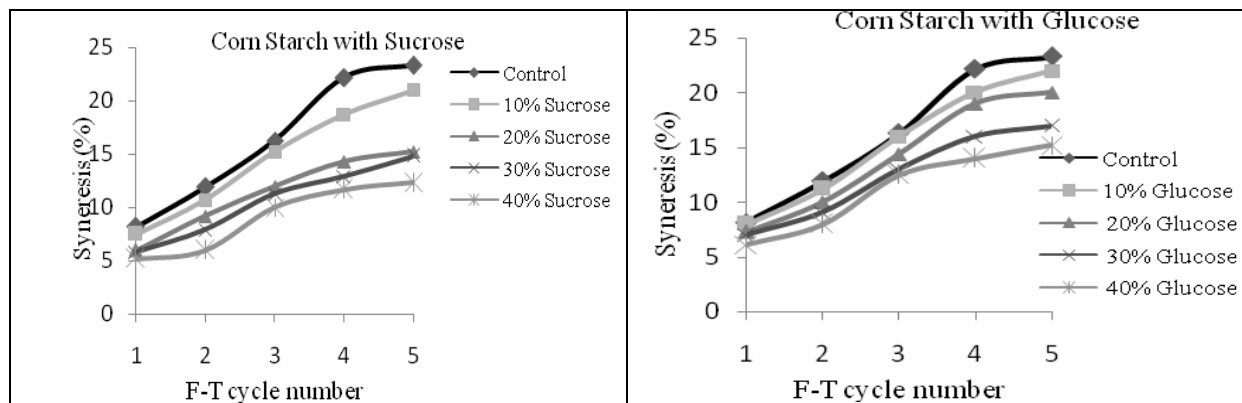


Fig 1 Influence of sucrose and glucose on syneresis of maize starch.

understanding of starch granule structure and hydrolysis. *Trends in Food Science & Technology*, 81: 375-382.

- [4] Zobel, H. F. and Stephen, A.M. Starch: Structure, Analysis, and Application. In: *Food Polysaccharides and Their Applications*. Stephen, A.M., Phillips, G.O., Williams, P.A. (Eds.), CRC Press, Boca Raton, Florida, pp. 25-86.
- [5] Reineke, K., Weich, H. and Knorr, D. (2011). The influence of sugars on pressure induced starch gelatinization. *11th International Congress on Engineering and Food (ICEF11)*. Athens, pp. 2040 – 2046.
- [6] Zhang, X., Tong, Q.Y. and Ren, F. (2012). Influence of glucose, sucrose and trehalose on the freeze-thaw stability of tapioca starch gels. *Advance Journal of Food Science and Technology*, 4: 225-230.
- [7] Leach, H. W., McCowen, L. D. and Schoch, T. J. (1959). Structure of the starch granule. I. Swelling and solubility pattern of various starches. *Cereal Chemistry*, 36: 534-544.
- [8] Steffe, J. F. (1996). *Rheological Methods in Food Process Engineering* (2nd ed). East Lansing, Michigan. Freeman Press.
- [9] Dutta, H., Paul, S. K., Kalita, D. and Mahanta, C.L. (2011). Effect of acid concentration and treatment time on acid-alcohol modified jackfruit seed starch properties. *Food Chemistry*, 128: 284-291.

۴- نتیجه گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که ساکارز و گلوکز تاثیر زیادی بر ویژگی‌های فیزیکی نشاسته ذرت دارند و عمدتاً به دلیل کاهش تورم و جذب آب نشاسته در حضور قندها می‌باشند. بنابراین وجود این قندها بر ویژگی‌های محصولات غذایی از جمله پودینگ‌ها، مغزی شیرینی‌ها و دسرهای منجمد که نشاسته از اجزای اصلی آن‌ها می‌باشد نیز تاثیرگذار هستند. تغییرات ایجاد شده در خواص ژل نشاسته به نوع و غلظت قندها بستگی داشت و عمدتاً ناشی از کاهش تورم و جذب آب نشاسته در حضور قندها بود. در کلیه آزمون‌هایی که انجام شد بیشترین تغییرات در نمونه حاوی ۴۰٪ ساکارز مشاهده گردید. این امر عمدتاً به دلیل بیشتر بودن تعداد گروه‌های هیدروکسیل و وزن مولکولی بالاتر ساکارز در مقایسه با گلوکز می‌باشد.

۵- منابع

- [1] Jane, J. (2009). Structural Features of Starch Granules II. *Starch Chemistry and Technology*, 3: 193-236.
- [2] Boutboul, A., Giampaoli, P., Feigenbaum, A. and Ducruet, V. (2002). Influence of the nature and treatment of starch on aroma retention. *Carbohydrate Polymers*, 47: 73-82.
- [3] Oates, C. G. (1997). Towards an

- forms of four starches. *Carbohydrate Polymers*, 79: 818–824.
- [17] Sharma, R., Oberoi, D.P.S., Sogi, D.S. and Gill, B. S. (2009). Effect of sugar and gums on the pasting properties of cassava starch *Journal of Food Processing and Preservation*, 33: 401–414.
- [18] Babić, J., Šubarić, D., Miličević, B., Ačkar, D., Kopjar, M. and Tiban, N.N. (2009). Influence of trehalose, glucose, fructose, and sucrose on gelatinisation and retrogradation of corn and tapioca starches. *Czech Journal of Food Science*, 27: 151–157.
- [19] Baek, M.H., Yoo, B. and Lim, S.T. (2004). Effects of sugars and sugar alcohols on thermal transition and cold stability of corn starch gel. *Food Hydrocolloids*, 18: 133–142.
- [20] Hedayati, S., Shahidi, F., Koocheki, A., Farahnaky, A. and Majzoobi, M. (2016). Comparing the effects of sucrose and glucose on functional properties of pregelatinized maize starch. *International Journal of Biological Macromolecules*, 88: 499–504.
- [21] Hedayati, S., Shahidi, F., Koocheki, A., Farahnaky, A. and Majzoobi, M. (2016). Functional properties of granular cold water swelling maize starch: Effect of sucrose and glucose. *International Journal of Food Science and Technology*, 51: 2416–2423.
- [10] Tester, R. F. and Morrison, W. R. (1990). Swelling and gelatinization of cereal starches. I. Effects of amylopectin, amylose, and lipids. *Cereal Chemistry*, 67: 551–557.
- [11] Hirashima, M., Takahashi, R. and Nishinari, K. (2005). Changes in the viscoelasticity of maize starch pastes by adding sucrose at different stages. *Food Hydrocolloids*, 19: 777–784.
- [12] Ahmed, J. (2012). Rheometric non-isothermal gelatinization kinetics of mung bean starch slurry: Effect of salt and sugar – Part 1. *Journal of Food Engineering*, 109: 321–328.
- [13] Pongsawatmanit, R., Temsiripong, T. and Suwonsichon, T. (2007). Thermal and rheological properties of tapioca starch and xyloglucan mixtures in the presence of sucrose. *Food Research International*, 40: 239–248.
- [14] Thomas, D. J. and Atwell, W. A. (1999). In *Starches: Practical guides for the food industry* (pp. 19–22). St. Paul, Minnesota, USA: American Association of Cereal Chemists.
- [15] Karim, A.A., Norziah, M. H. and Seow, C. C. (2000). Methods for the study of starch retrogradation. *Food Chemistry*, 71: 9–36.
- [16] Adedokun, M. O. and Itiola, O. A. (2010). Material properties and compaction characteristics of natural and pregelatinized

Effects of sucrose and glucose on functional properties of maize starch

Hedayati, S. ¹, Majzoobi, M. ², Shahidi, F. ^{3*}, Koocheki, A. ⁴, Farahnaky, A. ⁵

1. PhD of Food Science and Technology, Department of Food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashhad (FUM), Mashhad, Iran.
2. Associate Professor of Food Science and Technology, Department of Food Science and Technology, School of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran.
3. Professor of Food Science and Technology (Corresponding author), Department of Food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashhad (FUM), Mashhad, Iran.
4. Associate Professor of Food Science and Technology, Department of Food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashhad (FUM), Mashhad, Iran.
5. Professor of Food Science and Technology, Department of Food Science and Technology, School of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran.

(Received: 2016/12/24 Accepted: 2017/07/08)

Starch is extensively used in food products which usually contain sugars. The functional properties of these products are affected by the sugar used in their formulation. Therefore, in this project the effects of sucrose and glucose (0, 10, 20, 30 and 40% of dry starch weight) on water absorption, gel syneresis, pasting and textural properties of maize starch gels were studied. The results indicated that the water absorption of control sample was 8.70 which decreased to 5.99 and 6.70 for samples containing 40% sucrose and glucose respectively. Peak viscosity, breakdown, setback and final viscosity were decreased in the presence of sugars and these effects were more obvious in higher sugar levels. The pasting temperature in maize starch lacking sugar was 65.55 and increased to 71.12 and 68.90 in the presence of 40% sucrose or glucose respectively. By the increase in sugar level textural parameters such as hardness, cohesiveness, gumminess and chewiness were reduced while springiness was not affected by sugar concentration. The syneresis of control starch gel after 5 freeze thaw cycles reached 24% which significantly reduced to 10% in the presence of sucrose and 14% in samples with glucose. Generally, in all the measured parameters the influence of sucrose was greater than glucose.

Keywords: Maize starch, Sucrose, Glucose, Functional properties

* Corresponding Author E-Mail Address: fshahidi@um.ac.ir