

تاثیر افزودن اسید استیک بر برخی ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی نشاسته گندم

مهسامجدوبی^{۱*} و پانذبی‌پروا^۲

تاریخ دریافت: ۹۱/۹/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۲/۵/۱۳

^۱دانشیار بخش علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

^۲دانش آموخته کارشناسی ارشد بخش علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

*مسئول مکاتبه: Email: majzoobi@shirazu.ac.ir

چکیده

اسید استیک و نشاسته دو ترکیب پرکاربرد در تهیه برخی غذاها از جمله سس‌ها، سوپ‌ها و خمیر نان تخمیر شده می‌باشند. لذا تعیین ویژگی‌های عملکردی نشاسته در مجاورت اسید استیک می‌تواند در مشخص کردن ویژگی‌های این محصولات مفید باشد. در این تحقیق، به بررسی تاثیر اسید استیک (به مقدار ۱۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بر خصوصیات عملکردی نشاسته گندم پرداخته شد. تصاویر میکروسکوپ الکترونی نشان داد که در اثر اسید تعدادی حفره بر سطح گرانولها ایجاد شد. حلالیت نشاسته در آب از ۴/۷۰٪ به ۵/۴۳٪ افزایش ولی جذب آب از ۴/۹۶ به ۴/۵۳ (گرم/گرم) کاهش یافت. ویسکوزیته ذاتی به عنوان شاخصی از اندازه و وزن مولکولی نشاسته از ۱۷۴/۰۸ به ۱۵۲/۷۵ (میلی‌لیتر بر گرم) کاهش یافت که دلیلی بر کاهش وزن مولکولی نشاسته در اثر افزودن اسید می‌باشد. دمای ژلاتینه شدن از ۶۴/۵۰ °C به ۶۴/۴۱ و آنتالپی ژلاتینه شدن از ۹/۱۷ به ۸/۱۴ (ژول بر گرم) کاهش یافت. با استفاده از دستگاه آنالیز سریع ویسکوزیته مشخص شد که ویسکوزیته اوج، نهایی و زمان رسیدن به ویسکوزیته اوج به طور معنی‌داری ($P < 0/05$) کاهش یافت. در مجموع این نتایج بیانگر تجزیه نسبی مولکول‌های نشاسته در اثر افزودن اسید استیک و در نتیجه تغییراتی در خواص فیزیکی شیمیایی نشاسته گندم بود.

واژه‌های کلیدی: اسید استیک، ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی، نشاسته گندم

Effects of addition of acetic acid on some physicochemical properties of wheat starch

M Majzoubi^{1*} and P Beparva²

¹Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, University of Shiraz, Shiraz, Iran

²Graduate Student of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, University of Shiraz, Shiraz, Iran

*Corresponding author: E-mail: majzoubi@shirazu.ac.ir

Abstract

Acetic acid and starch are two highly consumed components in preparation of foods such as sauces, soups and fermented bread dough. Therefore, determination of the starch functional properties in presence of acetic acid can be useful in determination of the characteristics of such products. In this study, the effects of acetic acid (150 mg/k) on the functional properties of wheat starch were investigated. Scanning electron microscopy images revealed the appearance of some spots on the surface of starch granules. Starch water solubility increased from 4.70 to 5.43% but water absorption reduced from 4.96 to 4.53 (g/g). Intrinsic viscosity as an indication of molecular size and weight reduced from 174.08 to 152.75 (mL/g) that is an indication of starch molecular weight reduction in the presence of acetic acid. Gelatinization temperature decreased from 64.50 to 64.41 °C and enthalpy of gelatinization reduced from 9.17 to 8.14 (J/g). Using a Rapid Visco Analyser it became clear that the peak and final viscosities and peak time decreased significantly ($P < 0.05$). Overall, the results showed some partial degradation of starch molecules in the presence of acetic acid resulting in changes in physicochemical properties of wheat starch.

Keywords: Acetic acid, Physicochemical properties, Wheat starch

مقدمه

نشاسته مهمترین منبع انرژی ذخیره‌ای در گیاهان می‌باشد. عمده‌ترین منابع استخراج نشاسته دانه‌های غلات، گیاهان غده‌ای نظیر انواع سیب زمینی و دانه حبوبات می‌باشد. نشاسته نقش مهمی را در تغذیه انسان بر عهده دارد، به طوری که حدود ۷۰-۸۰ درصد انرژی مورد نیاز روزانه انسان از طریق آن تامین می‌گردد. نشاسته به عنوان یک ترکیب بسیار مهم در صنایع مختلف خصوصاً صنایع غذایی به کار می‌رود. توانایی نشاسته در ایجاد خواصی مانند افزایش قوام، جذب آب، بافت دهندگی، ایجاد ژل و غیره به همراه خواص مطلوبی نظیر فراوانی و قیمت ارزان، این هیدروکلوئید را در جایگاه ویژه‌ای در صنایع غذایی

قرار داده است (کوپلند و همکاران ۲۰۰۹، تستر و همکاران ۲۰۰۴). به عنوان مثال به نقش نشاسته در ایجاد قوام برای سوپ‌ها و ماست میوه‌ای و ایجاد بافت در محصولات نانوائی و اثر پرکنندگی در محصولات گوشتی مثل سوسیس و کالباس، همچنین به عنوان پوشش خوراکی و پرکننده در قرص‌ها و کپسول‌ها و محصولات بدون گلوتن می‌توان اشاره کرد. علاوه بر اینها در سایر صنایع نظیر صنایع شیمیایی، دارویی، تولید کاغذ و پارچه و حتی در استخراج نفت به عنوان گل حفاری نقش مهمی دارد (صابری و همکاران ۱۳۹۱، نوشیروانی و همکاران ۱۳۹۰، ابراهیمی و همکاران ۱۳۸۹). ساختار شیمیایی و خواص فیزیکی منحصر به فرد نشاسته، این کربوهیدرات را از سایرین مجزا

اسید سیتریک باعث بهبود خصوصیات پلاستیکی نشاسته شد و از لحاظ رئولوژی نیز باعث کاهش ویسکوزیته و افزایش سیالیت نمونه گردید. مجذوبی و همکاران (۲۰۱۲) به بررسی تاثیر اسید آسکوربیک بر نشاسته گندم پرداختند. آسکوربیک اسید با دو غلظت ۱۴۰ و ۱۰۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم و تحت دو شرایط حرارتی ۴۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۰ دقیقه و ۱۰۰ درجه به مدت ۴۰ دقیقه به نشاسته اضافه شد. نمونه‌های تیمار شده بعد از خشک شدن، آسیاب و الک شدن مورد آزمایش قرار گرفتند. مشاهده شد که نشاسته تیمار شده با آسکوربیک اسید در دمای ۴۰ درجه سلسیوس دارای قدرت ژل، حلالیت و جذب آب برابر با نشاسته طبیعی بود. اما نشاسته تیمار شده در دمای ۱۰۰ °C قادر به تشکیل ژل نبود ولی حلالیت و جذب آب آن مانند نمونه کنترل حرارت داده شده بود. کاهش ویسکوزیته ذاتی در تمام نمونه‌ها نشان داد که آسکوربیک اسید باعث شکسته شدن نشاسته شده است. نتایج تحقیقات گذشته در مورد افزودن دیگر اسیدهای خوراکی به نشاسته نشان داده است که ظاهراً چگونگی تاثیر اسیدهای مختلف بر نشاسته و نوع ویژگی فیزیکوشیمیایی که بیشتر تحت تاثیر قرار می‌گیرد متفاوت است و تنها کاهش اسیدیته ناشی از این اسیدها باعث بروز تغییرات مشاهده شده نیست. مثلاً اسید اسکوربیک باعث تولید برخی رادیکال‌های آزاد و افزایش تاثیر آن بر ویژگی‌های نشاسته می‌گردد. لذا لازم است تاثیر اسیدهای خوراکی مختلف بر نشاسته‌ها مورد بررسی قرار گیرد. باتوجه به اصلاحات حاصله تا کنون مطالعه‌ای در مورد تاثیر استیک اسید بر ویژگی‌های نشاسته گندم به چاپ نرسیده است. بنابراین هدف اصلی از انجام این تحقیق بررسی تاثیر اسید استیک بر خواص نشاسته گندم به عنوان پرکاربردترین انواع نشاسته در ایران بود. نتایج حاصل می‌تواند در تفسیر تغییرات ایجاد شده در اثر استفاده هم زمان

می‌سازد. نشاسته در مواد غذایی مختلف در مجاورت ترکیبات مختلف غذایی مانند نمکها، چربی‌ها، اسیدها، پروتئین‌ها و قندها قرار می‌گیرد و این ترکیبات با برهمکنش‌های مختلفی که با نشاسته دارند باعث بروز تغییرات قابل توجهی در خواص عملکردی نشاسته می‌گردند. یکی از مهمترین ترکیبات غذایی اسیدهای آلی هستند. اسیدهای آلی کاربرد بسیاری در صنایع غذایی دارند و به عنوان ماده اسیدی کننده و طعم دهنده در نوشیدنی‌ها، شیرینی‌جات و غذاهای دیگر، به عنوان عامل وراورنده برای فرآورده‌های نانوائی و جلوگیری کننده از رشد میکروارگانیسم‌ها در غذاها به کار می‌روند. از انواع پرمصرف اسیدهای آلی می‌توان به اسید استیک، اسید سیتریک و اسید مالیک اشاره کرد (مجذوبی و همکاران ۲۰۱۲). با توجه به کاربرد وسیع نشاسته و اسیدهای آلی در صنعت غذا برخی محققین به بررسی تاثیر اسیدهای آلی بر خواص نشاسته پرداخته‌اند. سربوری و همکاران (۱۹۹۹) به بررسی تاثیر اسید اسکوربیک بر خواص نشاسته کاساوا پرداختند. نتایج نشان داد که ویسکوزیته ذاتی در هر دو نوع نشاسته کاهش می‌یابد، همینطور در نتیجه اسیدی شدن محیط توسط اسید لاکتیک، افزایش حلالیت به دنبال تخریب گرانول‌های نشاسته کاساوا مشاهده شد. هیراشیما و همکاران (۲۰۰۵)، به بررسی تاثیر تعدادی از اسیدهای آلی از قبیل اسید سیتریک، اسید استیک، اسید لاکتیک، اسید مالیک، اسید تارتاریک و اسید آسکوربیک بر روی رفتار رئولوژیکی خمیرهایی که از نشاسته ذرت تهیه شده بود، پرداختند. این مخلوط‌ها بین ۳ تا ۶ بود. ویسکوزیته خمیر با افزودن اسیدها و به دنبال آن کاهش pH از ۵/۵ به ۳/۶، افزایش یافت. این در حالی است که ویسکوزیته نمونه‌ها در pH کمتر از ۳/۵ به دلیل هیدرولیز زنجیره‌های آمیلوز و آمیلوپکتین کاهش پیدا کرد. در تحقیقی نینگ و همکاران (۲۰۰۷) به بررسی تاثیر اسید سیتریک روی خصوصیات ترموپلاستیک نشاسته گندم پرداختند.

خارج شود. پس از هر بار شستشو، نمونه از کاغذ صافی واتمن ۴۰ عبور داده می‌شد. سپس نمونه در آون تحت خلاء در دمای ۴۰ درجه سلسیوس تا رسیدن به رطوبت ۸/۵٪ خشک شد سپس آسیاب و تا رسیدن به اندازه ذرات میکرومتر الک شد. یک نمونه کنترل نیز در شرایط فوق ولی بدون استفاده از اسید تهیه گردید. نمونه‌ها پس از بسته بندی در پلی اتیلن در دمای محیط تا انجام آزمون‌ها نگهداری شدند.

اندازه گیری میزان حلالیت در آب نشاسته

برای این منظور مقدار مشخصی (۱ گرم) نشاسته به طور دقیق وزن شد و هر یک از نمونه‌ها درون یک لوله سانتریفیوژ (از جنس پلاستیک و حجم ۵۰ میلی لیتر) ریخته شد. سپس ۳۰ میلی لیتر آب به هر لوله اضافه گردید و لوله در حمام آب با دمای ۹۵ درجه سلسیوس به مدت ۳۰ دقیقه همراه با هم‌زدن نگه داشته شد. سپس مخلوط به خوبی هم زده شده و دمای نمونه توسط آب سرد به مدت ۵ دقیقه به دمای اتاق رسید و تحت سانتریفیوژ با سرعت $700 \times g$ به مدت ۱۵ دقیقه قرار گرفت. مایع شفاف رویی به دقت به ظرفی با وزن مشخص منتقل گردید و در دمای ۱۲۰ درجه سلسیوس به مدت ۴ ساعت خشک شد. نمونه‌ها بعد از خشک شدن توزین و میزان حلالیت با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد (لیچ و همکاران ۱۹۵۹).

$100 \times (\text{وزن نشاسته خشک اولیه} / \text{وزن مایع رویی}$

خشک شده) = میزان حلالیت %

اندازه گیری میزان جذب آب نشاسته

برای اندازه گیری میزان جذب آب، لوله‌های سانتریفیوژ بکار رفته در آزمایش حلالیت به همراه مواد رسوب داده شده درون آنها بعد از خروج مایع رویی وزن گردید و میزان جذب آب با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد (لیچ و همکاران ۱۹۵۹).

نشاسته گندم در محصولات حاوی اسید استیک مفید باشد.

مواد و روش‌ها

نشاسته گندم درجه یک (فوق تصفیه) با درجه خلوص ۹۹٪ (طبق گزارش تولید کننده) و رطوبت 0.33 ± 0.05 که با روش استاندارد AACC (۲۰۰۰) اندازه گیری شد از کارخانه فارس گلوکوزین مرودشت فارس خریداری گردید. اسید استیک و سایر مواد شیمیایی لازم در این تحقیق از شرکت مرک آلمان تهیه شد.

تهیه نمونه

ابتدا یک سوسپانسیون ۴۰٪ (وزنی/وزنی) از نشاسته گندم در آب مقطر تهیه شد. این غلظت از سوسپانسیون برای تأمین آب کافی جهت ژلاتینه شدن نشاسته لازم است (تستر و همکاران ۲۰۰۴). سپس pH آن توسط pH متر اندازه‌گیری شد که معادل ۶/۷ بود. بعد اسید استیک به مقدار ۱۵۰ میلی گرم بر کیلوگرم نشاسته به آب اضافه شد و به مدت ۳۰ دقیقه با استفاده از همزن مغناطیسی در دمای محیط به هم زده شد. مقدار اسید استیک مصرفی در این تحقیق حداقل مقداری بود که نشاسته را در حالت اسیدی نگه دارد و شبیه به غذاهای اسیدی حاوی نشاسته مانند برخی سس‌ها و مایونز باشد. مقادیر کمتر اسید استیک به صورت آزمون و خطا مورد آزمایش قرار گرفت و نتایج اولیه نشان داد که مقادیر کمتر از مقدار گزارش شده در این تحقیق اثرات معنی‌داری بر ویژگی‌های نشاسته نشان نداد و غلظت‌های کمتر حذف شد.

پس از افزودن اسید به سوسپانسیون نشاسته pH برابر 0.6 ± 0.24 بود که با افزودن تدریجی سود ۰/۱ نرمال به pH اولیه سوسپانسیون نشاسته رسانده شد. سپس نمونه با سرعت ۳۰۰۰g سانتریفیوژ شد و مایع فوقانی تخلیه و رسوب حاصل سه بار با آب مقطر شستشو داده شد تا بقایای اسید یا نمک تولید شده

وزن نشاسته خشک اولیه/وزن رسوب درون لوله سانتریفیوژ = میزان جذب آب %

می افتد. سپس در طی مرحله سرد شدن پلیمرهای محلول شده آمیلوز و آمیلوپکتین بهم متصل شده و کریستالیزاسیون مجدد اتفاق می افتد که باعث ایجاد ویسکوزیته نهایی در نشاسته می شوند. همچنین دمایی موسوم به دمای خمیری شدن نیز در ابتدای کار مطرح است که برابر با حداقل دمای لازم برای پخت سوسپانسیون‌های نشاسته می‌باشد (بیسون و بوس ۱۹۹۶).

تعیین ویسکوزیته نسبی^۱ محلول‌های نشاسته به کمک ویسکومتر لوله موئین

در این آزمایش ابتدا نمونه‌ها در محلول هیدروکسید پتاسیم یک مولار حل شده و سپس با استفاده از یک ویسکومتر استوالد (ساخت ایران) ویسکوزیته ذاتی با در نظر گرفتن زمان عبور نمونه از لوله موئین محاسبه گردید (هاردینگ ۱۹۹۷).

تعیین خصوصیات حرارتی نشاسته

برای تعیین خصوصیات حرارتی نشاسته از دستگاه اسکن حرارتی افتراقی (DSC) مدل Mettler Toledo سوئیس که قبلاً با ایندیم و سیکلوهگزان کالیبره شده بود استفاده شد. به این منظور سوسپانسیون نشاسته در آب مقطر با نسبت ۱:۳ (وزنی/وزنی) در ظرف استیل مقاوم به فشار بالا مخصوص دستگاه توزین و به مدت یک شبانه روز برای رسیدن به تعادل در دمای محیط نگهداری شد. سپس ظروف محتوی نمونه درون دستگاه قرار گرفت و در حین حرارت دهی نمونه از دمای ۱۰ تا ۱۱۵ درجه سلسیوس نمونه اسکن شد. یک ظرف خالی دستگاه به عنوان رفرانس استفاده شد. نرم افزار پارکس (پرکین-المر) برای آنالیز نتایج مورد استفاده قرار گرفت. از روی منحنی‌های بدست آمده دمای شروع، اوج و انتهای ژلاتینه شدن نشاسته و از مساحت زیر منحنی آنتالپی ژلاتینه شدن نشاسته محاسبه و گزارش گردید.

بررسی خصوصیات ظاهری گرانول‌های نشاسته

برای تعیین خصوصیات ظاهری گرانول‌های نشاسته از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) (مدل Leica Cambridge ساخت انگلستان) استفاده شد و برای این کار ابتدا مقدار بسیار کمی در حد ۰/۱ گرم از نمونه بر روی یک پایه فلزی دایره شکل از جنس آلومینیوم چسبانده و سطح نمونه‌ها توسط دستگاه Sputter Coater و با عبور جریان گاز آرگون با یک لایه طلا پوشانیده گردید. سپس نمونه‌ها توسط میکروسکوپ الکترونی با پتانسیل الکتریکی ۲۰ کیلو ولت مورد بررسی قرار گرفتند (مجدوبی و همکاران ۲۰۱۲a).

تعیین خصوصیات خمیری شدن نشاسته به کمک دستگاه RVA

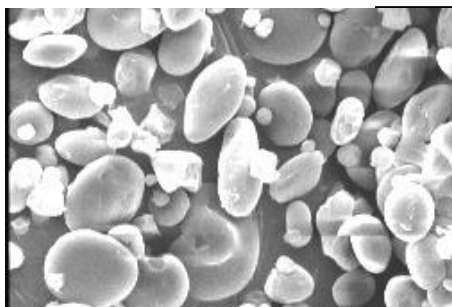
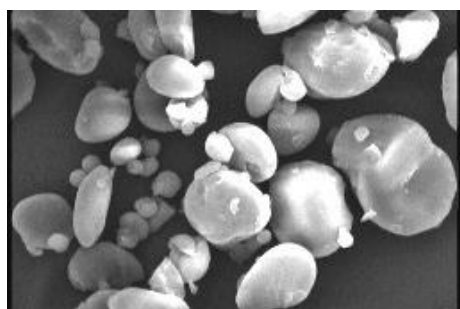
تغییرات ویسکوزیته محلول‌های آبی نشاسته در حین حرارت دیدن بوسیله دستگاه RVA (مدل Newport Scientific Pty. Ltd, Warriewood ساخت استرالیا) مطالعه گردید. شرایط کار به این صورت بود که ۴ گرم از نمونه‌های نشاسته به ۲۵ گرم آب مقطر اضافه شد. سرعت مورد نظر در ابتدای کار ۹۶۰ دور در دقیقه و در مرحله استراحت نمونه‌ها برابر با ۱۶۰ دور در دقیقه بود. در این آزمایش ابتدا نشاسته به مدت ۲/۵ دقیقه در ۲۵ درجه سلسیوس نگه داشته شد و سپس به سرعت دما به ۹۵ درجه سلسیوس رسید (با سرعت ۱۴ °C/min) و حدود ۳ دقیقه در این دما باقی ماند. بعد از این مرحله نمونه‌ها تا دمای ۲۵ درجه سلسیوس سرد شد و تقریباً ۵ دقیقه در این وضعیت باقی ماندند. افزایش در ویسکوزیته نشاسته ابتدا دیده شد که مربوط به تورم گرانول‌ها در اثر جذب آب می‌باشد. سپس نمونه‌ها به نقطه اوج ویسکوزیته رسیدند. نقطه اوج ویسکوزیته زمانی است که اکثر گرانول‌ها کاملاً متورم شده و مولکول‌های خارج شده از آنها به طور منظم در کنار هم قرار می‌گیرند. در طی نگهداری نشاسته در این دما به دلیل تورم بیش از حد و شکستن گرانول‌ها و همچنین ورود پلیمرها به داخل فاز محلول، افت ویسکوزیته اتفاق

آنالیز آماری

کلیه آزمایشات بر روی نشاسته گندم قبل و بعد از افزودن اسید استیک با حداقل سه تکرار انجام شد. میانگین و انحراف معیار با استفاده از نرم افزار اکسل ۲۰۰۷ محاسبه گردید و برای بررسی وجود اختلاف آماری بین میانگین‌ها از آزمون تی استفاده شد. بدین منظور از نرم افزار 16SPSS استفاده گردید.

نتایج و بحث

نتایج بدست آمده از میکروسکپ الکترونی در شکل ۱ نشان داده شده است. در نشاسته طبیعی (الف) دو نوع گرانول A (بزرگ) و B (کوچک) قابل مشاهده می باشند (بالدوین ۲۰۰۱). پس از افزودن اسید شکل ظاهری گرانولها دچار تغییراتی شد و تعدادی حفره و شکاف بر روی گرانولها مشاهده شد. به نظر می‌رسد اسید مصرفی با ترکیبات موجود بر روی سطح گرانولها واکنش نموده و تغییرات سطحی را باعث می‌گردد. نظیر این تغییرات در اثر افزودن اسکوربیک اسید به نشاسته گندم مشاهده شده است (مجدوبی و همکاران ۲۰۱۲).



شکل ۱- تصاویر میکروسکوپ الکترونی نشاسته گندم (الف) و نشاسته گندم در حضور اسید استیک

خط نشان داده شده بر روی هر تصویر معادل ۲۰ میکرومتر است. تصاویر با بزرگنمایی ۱۰۰۰ برابر تهیه شده است. فلش‌ها محل شیارها و ترک‌ها را بر روی گرانولها نشان می‌دهد.

نشاسته کاساوا در محدوده دمای ژلاتینه شدن بیشتر بارز بود. مجدوبی و همکاران (۲۰۱۲) عنوان کردند که حلالیت نشاسته طبیعی در مجاورت اسید اسکوربیک مشابه نمونه شاهد بود. به نظر می‌رسد تفاوت در نوع اسید و pH نهایی بر خواص محصول موثر است. ویسکوزیته سوسپانسیون‌های نشاسته تحت تاثیر اندازه و شکل گرانول و انسجام ساختاری زنجیره‌های گلوکز داخلی آن می‌باشد. افزودن اسید به سوسپانسیون نشاسته به دلیل آسیب به گرانول‌ها، از قدرت جذب آب گرانول کاسته شده در نتیجه ویسکوزیته سوسپانسیون کاهش می‌یابد (پترسون و همکاران ۱۹۹۶). اسید وارد گرانول نشاسته شده و باعث هیدرولیز زنجیره آمیلوزی می‌گردد و درجه پلیمریزاسیون نشاسته کاهش می‌یابد (هیراشیما و

بررسی جذب آب نمونه‌ها (جدول ۱) نشان داد که جذب آب نشاسته‌های گندم طبیعی در حضور اسید استیک کاهش یافت در حالی که حلالیت نشاسته افزایش یافت. بررسی ساختار میکروسکوپی نشاسته (شکل ۱) نشان داد که افزودن اسید استیک تا حدودی باعث تخریب گرانول‌های نشاسته شد و به دنبال آن میزان خروج آمیلوز از گرانول‌ها افزایش یافت و در نتیجه حلالیت بالا رفت. ساختار تخریب شده گرانولها قابلیت نگهداری آب کمتری دارند و در نتیجه جذب آب کاهش یافت. سریوری و همکاران (۱۹۹۹) عنوان کردند که حضور اسکوربیک اسید بر روی نشاسته کاساوا باعث ایجاد یک سری تغییرات مشهود اعم از کاهش قدرت تورم گرانول و به دنبال آن کاهش جذب آب آن شد. البته آنها عنوان کردند که کاهش جذب آب گرانول‌های

همکاران (۲۰۰۵) نظیر چنین مشاهداتی را در مورد نشاسته نرت تیمار شده با اسید سیتریک و اسید لاکتیک عنوان کردند. مجذوبی و همکاران (۲۰۱۲) عنوان کردند که تاثیر آسکوربیک اسید بر نشاسته گندم باعث کاهش ویسکوزیته ذاتی قبل و بعد از ژلاتینه شدن می‌شود.

همکاران (۲۰۰۵). نتایج حاصل از تعیین ویسکوزیته ذاتی نشاسته (جدول ۱) نشان می‌دهد که در اثر افزودن اسید استیک ویسکوزیته ذاتی نشاسته به طور معنی داری از ۱۷۴/۰۸ به ۱۵۲/۷۵ میلی لیتر بر گرم کاهش یافت. این امر می‌تواند دلیلی بر کاهش اندازه مولکولهای نشاسته در اثر افزودن اسید باشد. به عبارت دیگر افزودن اسید باعث شکستگی رشته‌های نشاسته گردید. هیراشیما و

جدول ۱- تاثیر اسید استیک بر حلالیت، جذب آب و ویسکوزیته ذاتی نشاسته گندم*

نمونه	حلالیت در آب (%)	جذب آب (گرم/گرم)	ویسکوزیته ذاتی (میلی لیتر/گرم)
نشاسته گندم	۴/۷۰ ± ۰/۳ ^b	۴/۹۶ ± ۰/۳۵ ^a	۱۷۴/۰۸ ± ۴/۵ ^a
نشاسته گندم + اسید استیک	۵/۴۳ ± ۰/۵۰ ^a	۴/۵۳ ± ۰/۵۰ ^b	۱۵۲/۷۵ ± ۱/۸۹ ^b

* اعداد میانگین ۳ تکرار ± انحراف معیار می‌باشد. حروف نامشابه در هر ستون بیانگر وجود اختلاف آماری معنی دار ($P < ۰/۰۵$) می‌باشد.

(کوک و گیدلی ۱۹۹۲). دمای ژلاتینه شدن با ساختار کریستالی داخل گرانولها در ارتباط است و این نتایج بیانگر احتمال تاثیر اسید استیک بر ساختار کریستالی و کاهش مقدار آن می‌باشد. لذا انرژی کمتری برای ژلاتینه شدن نشاسته لازم می‌باشد.

نتایج تعیین خصوصیات حرارتی نشاسته‌ها نشان داد که افزودن اسید استیک باعث کاهش دمای ژلاتینه شدن و خصوصا آنتالپی لازم برای ژلاتینه شدن گردد. آنتالپی ژلاتینه شدن اطلاعات کلی راجع به کیفیت و کمیت ساختار کریستالی نشاسته را ارائه می‌دهد و کاهش آن دلیلی بر کاهش نظم در داخل گرانولها است

جدول ۲- تاثیر اسید استیک بر خصوصیات حرارتی نشاسته گندم*

نمونه	دمای شروع ژلاتینه شدن (°C)	دمای اوج ژلاتینه شدن (°C)	دمای نهایت ژلاتینه شدن (°C)	آنتالپی ژلاتینه شدن (J/g)
نشاسته گندم	۶۰/۵۷ ± ۰/۰۷ ^a	۶۴/۵۰ ± ۰/۰۰ ^a	۶۸/۲۳ ± ۰/۱۴ ^a	۹/۱۷ ± ۰/۶۴ ^a
نشاسته گندم + اسید استیک	۶۰/۵۱ ± ۰/۱۰ ^a	۶۴/۴۱ ± ۰/۰۱ ^b	۶۷/۹۶ ± ۰/۹۰ ^b	۸/۱۴ ± ۰/۳۰ ^b

* اعداد میانگین ۳ تکرار ± انحراف معیار می‌باشد. حروف نامشابه در هر ستون بیانگر وجود اختلاف آماری معنی دار ($P < ۰/۰۵$) می‌باشد.

در دستگاه RVA نشاسته در آب با سرعت مشخصی حرارت دیده و تحت تاثیر نیروی برشی قرار می‌گیرد. دستگاه تغییرات حاصل در ویسکوزیته نشاسته در آب را در اثر ژلاتینه شدن، خمیری شدن و ژله‌ای شدن ثبت می‌نماید. وقتی نشاسته در آب حرارت داده شود به تدریج شروع به جذب آب نموده و ویسکوزیته آن افزایش می‌یابد تا به ویسکوزیته اوج برسد. با افزایش دما و عبور از دمای ژلاتینه شدن نشاسته پدیده خمیری شدن نشاسته اتفاق می‌افتد که همراه با تخریب کامل ساختار گرانولی، رها شدن آب از داخل گرانولها به محیط اطراف و در نتیجه افت ویسکوزیته می‌باشد. با کاهش دما، خمیر حاصل ساختار منسجمی را تشکیل می‌دهد و به دنبال آن آب در میان رشته‌های نشاسته به دام افتاده و پدیده ژله‌ای شدن اتفاق می‌افتد که همراه با

افزایش دما است (ویسکوزیته نهایی). بررسی نتایج بدست آمده از دستگاه نشان داد که افزودن اسید استیک باعث کاهش ویسکوزیته اوج، ویسکوزیته نهایی و زمان لازم برای رسیدن به اوج ویسکوزیته شد در حالی که دمای لازم برای خمیری شدن نشاسته تغییر معنی داری نکرد. معمولا مولکولهای کوچکتر ویسکوزیته کمتری را ایجاد می‌نمایند. کاهش ویسکوزیته نشاسته می‌تواند دلیل بر کاهش اندازه مولکولهای نشاسته در اثر افزودن اسید باشد. نتایج مشابهی در اثر افزودن اسید اسکوربیک و سیستئین به نشاسته گندم و نشاسته کساوا مشاهده شده است (مجدوبی و همکاران ۲۰۱۲، وال پامیس و همکاران ۱۹۹۷، سریپوری و همکاران ۱۹۹۹).

جدول ۳- تاثیر اسید استیک بر خصوصیات خمیر شدن نشاسته گندم*

نمونه	ویسکوزیته اوج (سانتی پویز)	ویسکوزیته نهایی (سانتی پویز)	دمای خمیری شدن (درجه سلسیوس)	زمان رسیدن به اوج ویسکوزیته (دقیقه)
نشاسته گندم	۶۲۸۰/۵۳±	۸۹۴۴/۱۶±	۶۹/۷۴±	۶/۸۱±
	۲۹/۵۱ ^a	۱۱/۵۰ ^a	۰/۰۴ ^a	۰/۰۱ ^a
نشاسته گندم + اسید استیک	۵۵۱۴/۲۰±	۶۹۲۰/۸۸±	۶۹/۷۰±	۶/۷۹±
	۷/۱۶ ^b	۴/۰۷ ^b	۰/۰۱ ^a	۰/۰۰۷ ^b

نتیجه گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که اسید استیک به عنوان یک اسید آلی که در بسیاری از غذاها وجود دارد می‌تواند بر خواص نشاسته طبیعی گندم موثر باشد. لذا در صورتی که نشاسته گندم در مجاورت این اسید قرار گیرد احتمال تغییر خواص عملکردی نشاسته گندم وجود دارد. اسید استیک بر ساختار و مورفولوژی گرانولها نیز موثر بود که این خود باعث بروز تغییرات دیگری در خواص عملکردی نشاسته می‌گردد. اسید استیک می‌تواند از طریق ایجاد منافذی در سطح گرانولها

و با نفوذ به داخل گرانولها تغییراتی در سطح مولکولی ایجاد نماید. این تغییرات عمدتا شامل شکسته شدن نسبی رشته‌های نشاسته و به دنبال آن افزایش حلالیت در آب و کاهش قابلیت جذب آب می‌باشد. همچنین در اثر حرارت نشاسته و خمیری شدن آن، ویسکوزیته نشاسته کاهش می‌یابد و ژل حاصل از نشاسته نیز قوام کمتری داراست. این نتایج در تفسیر خصوصیات غذاهای حاوی اسید استیک و نشاسته گندم مانند انواع سس‌ها، سوپ‌ها و دسرها می‌تواند کاربرد دارد.

سیاسگزاری

بخش علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه
شیراز به دلیل مشاوره علمی در انجام این تحقیق تشکر
و قدردانی می‌گردد.

از سرکار خانم دکتر فوژان بدیعی از مرکز تحقیقات فنی
مهندسی کرج و جناب آقای دکتر عسگر فرحناکی از

منابع مورد استفاده

- ابراهیم پور ن، پیغمبر دوست س ه، آزادمرد دمیرچی ص، قنبرزاده ب. ۱۳۸۹. تاثیر افزودم هیدروکلونیدهای مختلف روی ویژگی‌های حسی و بیاتی نان بدون گلوتن. نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی. ۲۰: ۹۹-۱۱۵.
- صابری ب، فرحناکی ع، مجذوبی م. ۱۳۹۰. خصوصیات فیزیکی ژل نشاسته‌های گندم و جودوسر طبیعی و هیدروکسی پروپیل شده آنها. نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی. ۲۲: ۶۳-۷۳.
- نوشیروانی ن، قنبرزاده ب، انتظامی ع. ۱۳۹۰. مورفولوژی، زاویه تماس و ویژگی‌های فیلم‌های بیونانوکامپوزیت نشاسته-پلی وینیل الکل-نانوکریستال سلولز. نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی. ۲۱: ۱۴۱-۱۵۴.
- AACC, 2000. Approved methods of the American Association of Cereal Chemists. 10th Ed., American Association of Cereal Chemists, ST. Paul, Minnesota, USA.
- Baldwin PM. 2001. Starch granule-associated proteins and polypeptides, A review. *Starch/Stärke*, 53: 475-503.
- Bason ML and Booth RI. 1996. RVA: new development and standardization. Pp. 30-45. In: Walker CE and Hazelton JI (eds). *Applications of the rapid visco analyzer*, Warriewood, Newport Scientific Pt. Ltd.
- Cooke D and Gidley MJ. 1992. Loss of crystalline and molecular order during starch gelatinization: Origin of enthalpic transition. *Carbohydrate Research* 227: 103-112.
- Copeland L, Blazek J, Salman H and Tang M.C. 2009. Form and functionality of starch. *Food Hydrocolloids* 23: 1527-34.
- Harding SE. 1997. The intrinsic viscosity of biological macromolecules, Progress in measurement, interpretation to structure in dilute solution. *Progress in Biophysical and Molecular Biology* 68: 207-262.
- Hirashima M, Takahashi R and Nishinary K. 2005. Effects of adding acids before and after gelatinization on the viscoelasticity of corn starch pastes. *Food Hydrocolloids* 19: 909-914.
- Leach HW, McCowen LD and Schoch TJ. 1959. Structure of the starch granule, swelling and solubility patterns of various starches. *Cereal Chemistry* 36: 534-544.
- Majzoobi M, Radi M, Farahnaky A and Tongdang Karrila T. 2012a. Effects of L-ascorbic acid on physicochemical Properties of wheat starch. *Journal of Food Science* 77: 314-318.
- Ning W, Jiugao Y and Ying W. 2007. The influence of citric acid on the properties of thermoplastic starch. *Carbohydrate Polymer* 67: 446-453
- Paterson L, Mitchell JR, Hil SE and Blanshard JMV. 1996. Evidence for sulfite induced oxidative reductive depolymerization of starch polysaccharides. *Carbohydrate Research* 292: 143-51.
- Sriburi P, Hill SE and Mitchell JR. 1999. Effects of L-ascorbic acid on the conversion of cassava starch. *Food Hydrocolloids* 13: 177-183.
- Tester R, Karkalas J and Qi X. 2004. Starch composition, fine structure and architecture. *Journal of Cereal Science* 39: 151-165.
- Valles-Pamise B, Baeclay F, Hill SE, Mitchell JR, Paterson LA and Blanshard JMV. 1997. The effects of low molecular weight additives on the viscosities of cassava starch. *Carbohydrate Polymer* 34: 31-38.