بررسی تاثیر جایگزینی صمغ کتیرا بر بهبود خصوصیات خمیری شدن آردهای برنج، ذرت و سیب‌زمینی توسط دستگاه تحلیل‌گر سریع ویسکوزیته

مریم امیری[1]، حمید توکلی‌پور[2]، محسن مختاریان*[3]

[1] گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده مهندسی صنایع و مکانیک، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران

[2] گروه علوم و صنایع غذایی، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران

[3] باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران

چکیده

در این بررسی اثرات افزودن مقادیر متفاوت صمغ کتیرا در خصوصیات خمیری شدن آردهای برنج، ذرت و سیب زمینی بوسیله دستگاه تحلیل‌گر سریع ویسکوزیته مورد مطالعه قرار گرفت. ترکیبات شیمیایی نمونه‌های آرد در ابتدا مورد تجزیه قرار گرفت. صمغ کتیرا در مقادیر ۰/۲ و ۰/۴ گرم جایگزین آردها در مخلوط آرد و صمغ گردید و آردهای بدون صمغ به عنوان نمونهٔ شاهد در نظر گرفته شد و پارامترهای خمیری شدن آنها تعیین گردید. آزمایشات نشان داد که درصد پروتئین و درصد خاکستر در آرد سیب زمینی نسبت به آردهای دیگر بیشتر است. در مورد چربی مقدار آن در آرد ذرت از بقیه بیشتر بوده و میزان کربوهیدرات در همه آردها مقادیر تقریباً مشابه داشت. نتایج تحلیل‌گر سریع ویسکوزیته آردهای شاهد (برنج، ذرت و سیب‌زمینی) نشان داد که در کلیهٔ پارامترهای اندازه‌گیری شده شامل ویسکوزیته اوج، ویسکوزیته نگهداری، اُفت ویسکوزیته، ویسکوزیته نهایی و ویسکوزیته برگشت، مقادیر بدست آمده در مورد آرد برنج بیشتر از بقیه بوده و آرد سیب‌زمینی کمترین مقادیر را کسب نمود. همچنین بیشترین و کمترین خصوصیات خمیری شدن بعد از افزودن ۰/۴ گرم صمغ کتیرا، به ترتیب در آردهای برنج و سیب‌زمینی بدست آمد.

واژه های کلیدی: تحلیل‌گر سریع ویسکوزیته، خصوصیات خمیری شدن، رئولوژی، صمغ کتیرا.

Archive of SID

* مسوول مکاتبات : mokhtarian.mo@gmail.com

www.SID.ir

۱- مقدمه

هیدروکلوئیدها یا صمغ‌ها، پلی ساکاریدهای با وزن ملکولی بالا هستند که با داشتن ساختار متفاوت، باعث ایجاد خصوصیات کاری متفاوتی می‌شود. آنها به آسانی در آب حل یا پراکنده شده و تحت شرایط مناسب می‌توانند ویسکوزیته را افزایش دهند. این دسته از مواد کاربردهای وسیعی در صنعت غذا، از جمله بهینه کردن ویژگی‌های رئولوژیکی و بافتی سیستم‌های غذایی دارند (۱۳). صمغ‌های ترشحی، در زمره قدیمی‌ترین عوامل قوام دهنده و پایدارکننده به شمار می‌روند و با وجود رقابت محصولات رقیب، برخی از این صمغ‌های ترشحی، هنوز در مقادیر زیاد مورد مصرف قرار می‌گیرند (۱).

صمغ کتیرا، تراوه خشک شدهٔ طبیعی حاصل از برخی گونه‌های Astragalus است. ایران به علت داشتن تنوع آب و هوایی و مناطق صحرایی و کوهستانی، محیط مناسبی برای رشد این گیاه است. از طرفی مشخص شده است که بهترین صمغ کتیرا در ایران تولید می‌گردد (۲). کتیرا به عنوان هیدروکلوئیدی با کیفیت، در فهرست محصولات عموماً بی خطر[1] قرار داشته و به عنوان یکی از افزودنی‌های مواد غذایی مطرح می‌باشد (۱). از نظر ساختمان شیمیایی، کتیرا یک کربوهیدرات آبدوست غیر یکنواخت و بسیار منشعب است. کتیرا متشکل از دو جزء اصلی تحت عنوان تراگاکانتیک اسید یا باسورین و تراگاکانتین است. باسورین، ۷۰-۶۰ درصد از کل صمغ را به خود اختصاص داده و جزء نامحلول در آب می‌باشد که قابلیت تورم و تشکیل ژل را داراست. جزء دیگر یا تراگاکانتین نیز، در آب حل شده و منجر به ایجاد محلول کلوئیدی می‌شود. باسورین یک جزء اسیدی است که بر اثر هیدرولیز اسیدی، تولید قندهایی نظیر دی-زایلوز، اِل-فوکوز، دی گالاکتورونیک اسید، و مقدار کمی اِل-رامنوز می‌کند. جزء اسیدی این مولکول نیز در ارتباط با کاتیون‌های کلسیم، منیزیم و پتاسیم می‌باشد. خواص صمغ کتیرا به مقدار زیادی به باسورین ارتباط دارد. تراگاکانتین، به عنوان جزء پلی‌ساکاریدی خنثی محسوب شده که ساختار آن متشکل از واحدهای متوالی دی-گالاکتوز بوده و زنجیره‌های منشعب اِل-آرابینوز به آن متصل است؛ همچنین گروه‌های متوکسیل نیز به مقدار قابل توجهی در ساختار آن حضور دارند (۳). صمغ‌ها در محصولات بر پایه نشاسته جهت اصلاح مناسب بافت،کنترل رطوبت، بهبود کلی کیفیت و پایداری محصول، کاهش قیمت و تسهیل فرایند با هم مورد استفاده قرار می‌گیرند (۱۱).

برای تعیین امکان استفاده از هر صمغ یا هیدروکلوئید در غذا و دیگر صنایع، پروفایل ویسکوزیته معمولاً به عنوان یک پارامتر مهم شناخته شده است. دستگاه تحلیل‌گر سریع ویسکوزیته به عنوان یک ابزار پژوهشی، به سرعت اثر صمغ‌های مختلف بر روی خصوصیات پختی نشاسته را که برای هر نوع نشاسته و صمغ منحصر به فرد است را نشان می‌دهد. هر هیدروکلوئید از راه‌های مختلف بر روی خصوصیات خمیری شدن نشاسته تاثیر می‌گذارد که بستگی به ساختمان ملکولی هیدرو کلوئیدها و بار یونی نشاسته و صمغ دارد (۱۳).

در ارتباط با بررسی خصوصیات خمیری شدن مخلوط صمغ‌ها و مواد نشاسته‌ای، کاساوانگ و سوفانتاریکا[2] (۲۰۰۵ و ۲۰۰۶) اثر صمغ گوار و زانتان را بر خصوصیات رئولوژیکی و خمیری شدن نشاسته‌های tapioca کاتیونیک، آنیونیک و طبیعی را مورد مطالعه قرار دادند (۱۰، ۱۱). در بررسی خصوصیات خمیری شدن نشان داده شد که اضافه کردن صمغ‌ها در نشاسته‌های کاتیونیک و طبیعی باعث افزایش ویسکوزیته اوج[3]، افت ویسکوزیته[4] و ویسکوزیته نهایی[5] می‌شود. اثر صمغ گوار بیشتر از صمغ زانتان بود. نشاسته آنیونیک با اضافه کردن صمغ گوار نتایج مشابه نشاسته‌های قبلی را داشت ولی زانتان نتایج مخالف را در این نوع نشاسته نشان داد. گروهی از محققین، رفتار خمیری شدن ژل‌های برنج واریته‌های ژاپنی، هندی و مومی را در اختلاط با صمغ دانه خرنوب با دستگاه تحلیل‌گر سریع ویسکوزیته بررسی کردند. نتایج نشان داد که افزودن صمغ دانه خرنوب باعث افزایش ویسکوزیته اوج، ویسکوزیته نهایی و ویسکوزیته حداقل شده[6] و فقط ژل برنج ژاپنی کاهش ویسکوزیته برگشت[7] را داشته است (۱۲). همچنین گروهی دیگری از محققین، اثر صمغ بامیه بر روی خصوصیات فیزیکی نشاسته‌های سورگوم و برنج را با استفاده از دستگاه تحلیل‌گر سریع ویسکوزیته، ویسکومتر بروکفیلد، دستگاه

[1] Generally Recognized As Safe (GRAS)

[2] Chaisawang & Suphantharika
[3] Peak viscosity
[4] Breakdown viscosity
[5] Final viscosity
[6] Minimum viscosity or trough
[7] Setback viscosity

Archive of SID

www.SID.ir

گرماسنج روبشی تفاضلی[1] و میکروسکوپ نوری مورد مطالعه قرار دادند. آنها مقادیر ۵ درصد، ۱۰ درصد و ۱۵ درصد وزنی صمغ بامیه را جایگزین نشاسته نمودند و نتیجه‌گیری کردند در حضور صمغ بامیه ویسکوزیته اوج، ویسکوزیته نهایی و ویسکوزیته برگشت کاهش می‌یابد (۴). در مطالعه‌ی دیگر تعدادی از محققین خصوصیات خمیری شدن پودر هسته تمر هندی در حضور صمغ‌های زانتان،کربوکسی متیل سلولز و صمغ دانه خرنوب، در مقایسه با آرد برنج و سیب زمینی را بررسی کردند. نتایج دستگاه تحلیل‌گر سریع ویسکوزیته نشان داد که خصوصیات خمیری شدن مخلوط صمغ/آرد بستگی به غلظت و نوع صمغ دارد و با افزایش غلظت صمغ، ویسکوزیته اوج، ویسکوزیته نهایی و اُفت ویسکوزیته افزایش می‌یابد، اما در آرد برنج و سیب زمینی نسبت به پودر هسته تمر هندی، در همه صمغ‌ها افزایش ویسکوزیته بیشتر بود (۱۳).

بنابراین با توجه به کاربرد وسیع صمغ کتیرا در بخش‌های مختلف صنعت غذا و خصوصیات عملکردی مطلوب این صمغ، طبیعی بودن آن و توجه روز افزون به طبیعی بودن اجزای مصرفی در غذا و مهمتر از همه اینکه تاکنون تحقیقی در زمینه تأثیر صمغ کتیرا بر خصوصیات خمیری شدن آردها صورت نگرفته است، بررسی تأثیر این صمغ بر روی خصوصیات خمیری شدن آردهای برنج، ذرت و سیب‌زمینی مورد مطالعه قرار گرفت.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

آرد برنج، ذرت و سیب زمینی از شرکت گلها و صمغ کتیرا از نوع نواری، از بازار محلی خریداری شد. ترکیبات شیمیایی مورد استفاده از شرکت مرک آلمان تهیه شدند.

۲-۲- آزمون‌های شیمیایی

محتوای رطوبت، خاکستر، چربی و پروتئین نمونه‌های آرد مصرفی به روش AOAC (۱۹۸۴) اندازه‌گیری شد. مقدار کربوهیدرات از طریق اختلاف مجموع درصد چربی، پروتئین، خاکستر و رطوبت از ۱۰۰ محاسبه شد (۶).

۲-۳- خصوصیات خمیری شدن

خصوصیات خمیری شدن نمونه‌های آرد همراه با صمغ کتیرا با دستگاه تحلیل‌گر سریع ویسکوزیته[2] مورد بررسی قرار گرفت. نمونه‌ها پس از آسیاب از الک با اندازه مش ۸۰ عبور داده شدند و با مخلوط کردن آرد (۲/۵ گرم) و آب مقطر (۲۵ گرم) تهیه شد. مقادیر ۰، ۰/۲ و ۰/۴ گرم صمغ کتیرا جایگزین آرد در مخلوط آرد و آب گردید. هر مخلوطی از آرد و صمغ در ظرف آلومینیومی دستگاه ریخته شده و قبل از قرار دادن در دستگاه تحلیل‌گر سریع ویسکوزیته با پاروی[3] پلاستیکی برای ۳۰-۲۰ ثانیه هم زده شدند. دستگاه طوری تنظیم شد که ۱۰ ثانیه اول با سرعت ۹۶۰ دور در دقیقه شروع به کار نمود و سپس سرعت آن در ۱۶۰ دور در دقیقه ثابت شد. درجه حرارت اولیه نیز در ۵۰ درجه سانتیگراد تنظیم شد. برای اندازه‌گیری ویسکوزیته، برنامه دمایی دستگاه در مدت ۱۲دقیقه و ۳۰ ثانیه به صورت زیر تنظیم شد.

۱- درجه حرارت ثابت ۵۰ درجه سانتی‌گراد تا یک دقیقه.

۲- افزایش درجه حرارت به صورت خطی تا ۹۵ درجه سانتی‌گراد تا زمان ۴ دقیقه و ۴۸ ثانیه.

۳- درجه حرارت ثابت ۹۵ درجه سانتی‌گراد تا زمان ۷ دقیقه و ۱۸ ثانیه.

۴- کاهش درجه حرارت به صورت خطی و رسیدن به درجه حرارت ۵۰ درجه سانتی‌گراد تا زمان ۱۱ دقیقه و ۶ ثانیه.

۵- درجه حرارت ثابت ۵۰ درجه سانتی‌گراد تا زمان ۱۲ دقیقه و ۳۰ ثانیه.

۲-۴- تجزیه و تحلیل آماری

آنالیز آماری با استفاده از طرح کاملاً تصادفی و مقایسه میانگین داده با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۹۵ درصد انجام گرفت. جهت آنالیز آماری از نرم افزار SAS نسخه ۹/۱/۳ استفاده گردید.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- خصوصیات شیمیایی آردهای برنج، ذرت و سیب زمینی

ترکیبات موجود در آردهای مورد استفاده در این پژوهش در جدول ۱ گزارش شده است. درصد پروتئین و درصد خاکستر در

[1] Differential Scanning Calorimeter

[2] Model, RVA-super 4, Newport Scientific Pty. Ltd., Australia

[3] Paddle

Archive of SID

www.SID.ir

آرد سیب زمینی نسبت به آردهای دیگر بیشتر است. در مورد چربی مقدار آن در آرد ذرت از بقیه بیشتر است. میزان کربوهیدرات در همه آردها مقادیر تقریباً مشابه دارد. در مورد آرد برنج و سیب زمینی نتایج گزارش شده توسط کور[1] و همکاران (۲۰۱۳) نیز تقریباً همین مقادیر از ترکیبات را نشان می‌دهد فقط مقدار پروتئین آرد سیب زمینی ۲/۱۹ درصد بدست آمده که این مقدار در نمونه اندازه‌گیری شده در بررسی لویس[2] (۲۰۱۰) بر روی دو واریته مختلف سیب زمینی به طور میانگین ۱۱/۴۲ درصد می‌باشد (۱۳، ۱۴). بطور کلی ترکیبات آردها با تغییر نوع واریته و شرایط آب و هوایی کشت، تغییرات گسترده‌ای می‌تواند داشته باشد. در آرد ذرت نیز مقادیر ترکیبات با نمونه آزمایش شده توسط کور و همکاران (۲۰۱۳) تا حدود زیادی برابری دارد (۱۳).

جدول ۱- خصوصیات آردهای برنج، ذرت و سیب زمینی.

ترکیبات شیمیایی	نوع آرد		
(٪ وزن خشک)	برنج	ذرت	سیب‌زمینی
پروتئین	۵/۸	۶/۰۲	۶/۸۵
خاکستر	۰/۷۳	۰/۵۱	۲/۲۵
چربی	۱/۰۲	۳/۳	۰/۳۲
رطوبت	۸/۶	۷	۷
کربوهیدرات	۸۳/۸۵	۸۳/۱۷	۸۳/۵۸

۳-۲- خصوصیات خمیری شدن آردهای برنج، ذرت و سیب زمینی

دستگاه تحلیل‌گر سریع، تغییرات ویسکوزیته را تحت شرایط دمایی مختلف و نیروی برشی اندازه‌گیری می‌کند. منحنی خمیری شدن نمونه آردهای شاهد (بدون اضافه کردن صمغ) در شکل ۱ نشان داده شده است. ویسکوزیته اوج آردها بین ۸۰۹-۴۰۱ سانتی‌پوآز بود که بیشترین آن برای آرد برنج وکمترین مقدار را آرد سیب زمینی داشت. وقتی که تعداد کافی از گرانول‌های نشاسته در یک محیط آبی همراه با حرارت، آب جذب کرده و متورم می‌شوند، افزایش سریع ویسکوزیته اتفاق می‌افتد که به عنوان ویسکوزیته اوج شناخته می‌شود (۱۳). در واقع ویسکوزیته اوج نقطه تعادلی بین متورم شدن و شکست گرانول‌های نشاسته است و ارتباط با ظرفیت اتصال آب و شکنندگی گرانول نشاسته دارد (۷). در مورد آرد برنج و آرد ذرت مقادیر تقریباً مشابه توسط بالاسوبرامانیان[3] و همکاران (۲۰۱۲) گزارش شده است (۸). ولی در مورد آرد سیب زمینی، در گزارش کور و همکاران (۲۰۱۳) مقادیر ۶۸۴ سانتی‌پوآز بدست آمده که اختلاف زیادی با نتیجه این گزارش داردکه آن را می‌توان به روش تهیه آرد از سیب زمینی نسبت داد که آنها از حرارت ۵۰ درجه سانتیگراد برای خشک کردن سیب زمینی استفاده کردند که دمای کمتر از دمای ژلاتیناسیون نشاسته سیب زمینی است (۱۳). بنابراین گرانول‌های نشاسته سیب زمینی در این دما دچار تغییر نمی‌شوند ولی در مورد آرد سیب زمینی مصرفی در این آزمایش فرایند خشک کردن تحت هوای داغ بوده که دمای بالاتر از دمای ژلاتیناسیون داشته و در حین فرایند خشک کردن ژلاتیناسیون نسبی برای گرانول‌های نشاسته آن اتفاق افتاده که موجب کم شدن ویسکوزیته اوج اندازه‌گیری می‌شود. همچنین در پژوهشی اثر شرایط خشک کردن بر خصوصیات کاربردی آرد سیب زمینی مورد مطالعه قرارگرفت. خصوصیات خمیری شدن آرد سیب زمینی حاصل از خشک‌کن غلطکی، خشک‌کن هوای داغ با جریان متقاطع در دمای ۶۵ درجه سانتیگراد و خشک کردن در دمای ۴۰ درجه سانتیگراد با هم مقایسه شدند. نتایج نشان داد که کلیه‌ی فاکتورهای دستگاه تحلیل‌گر سریع ویسکوزیته آرد سیب زمینی خشک شده در خشک‌کن غلطکی و هوای داغ به ترتیب پایین‌تر از آردی که در ۴۰ درجه خشک شده بود. محققین دلیل پایین‌تر بودن ویسکوزیته را در این آردها به ژلاتیناسیون نشاسته ارتباط دادند (۱۵). همچنین پایین‌تر بودن مقدار ویسکوزیته در آرد سیب زمینی نسبت به آردهای دیگر را می‌توان با مقدار بالاتر پروتئین آن مرتبط دانست. کمپلکس پروتئین با سطح گرانول نشاسته باعث متورم شدن آهسته نشاسته و در نتیجه کاهش ویسکوزیته اوج می‌شود (۱۳).

پس از حداکثر تورم، گرانول‌های نشاسته به یک فشار داخلی کافی برای گسستن (پارگی) می‌رسند که با اُفت ویسکوزیته همراه است (۴). فرایند از هم گسیختگی گرانول‌ها و کاهش ویسکوزیته از نقطه اوج، اُفت ویسکوزیته نامیده می‌شود که وسعت از هم پاشیدگی گرانول‌های متورم شده را نشان می‌دهد

[1] Kaur
[2] Leivas
[3] Balasubramanian

Archive of SID
www.SID.ir

(۱۲). اُفت ویسکوزیته در آرد برنج نسبت به بقیه آردها بیشتر است که مرتبط با ساختمان گرانول‌های نشاسته، آبگیری شبکه و تجمعات (پیوستگی) بین ملکولی است (۱۳).

در زمان ژلاتیناسیون ساختار کریستالی اولیه گرانول‌های نشاسته سازماندهی خود را از دست می‌دهند بطوریکه آمیلوز به دلیل خطی بودن ساختارش از گرانولها خارج می‌شود (۱۲). پس از ژلاتیناسیون، در زمان سرد کردن زنجیره‌های آمیلوزی که بیرون آمده‌اند شروع به دوباره به هم پیوستن می‌کنند که رتروگراداسیون[1] نامیده می‌شود این فرایند با افزایش ویسکوزیته همراه است که به ویسکوزیته نهایی ختم می‌شود. از اختلاف بین ویسکوزیته نهایی و ویسکوزیته اوج، ویسکوزیته برگشت محاسبه می‌گردد. ویسکوزیته برگشت مقدار تمایل گرانول‌های نشاسته به رتروگراداسیون است. رتروگراداسیون نشاسته خود یک نشان خوب از بیاتی است (۷). در بین آردهای مورد بررسی آرد برنج دارای ویسکوزیته برگشت و نهایی بالاتر نسبت به بقیه و آرد سیب زمینی کمترین مقدار را داشت. زایدول[2] و همکاران (۲۰۰۷) برای آردهای محصولات ریشه‌ای و غده‌ای مثل سیب زمینی نسبت به آرد غلات مقادیر بالاتر ویسکوزیته نهایی و برگشت را گزارش کردند و همچنین رتروگراداسیون و بیاتی در محصولات تهیه شده از این نوع آردها را پیش‌بینی نمودند (۱۷). اختلاف نتایج را می‌توان مجدداً به فرایند خشک کردن سیب زمینی نسبت داد (۱۵).

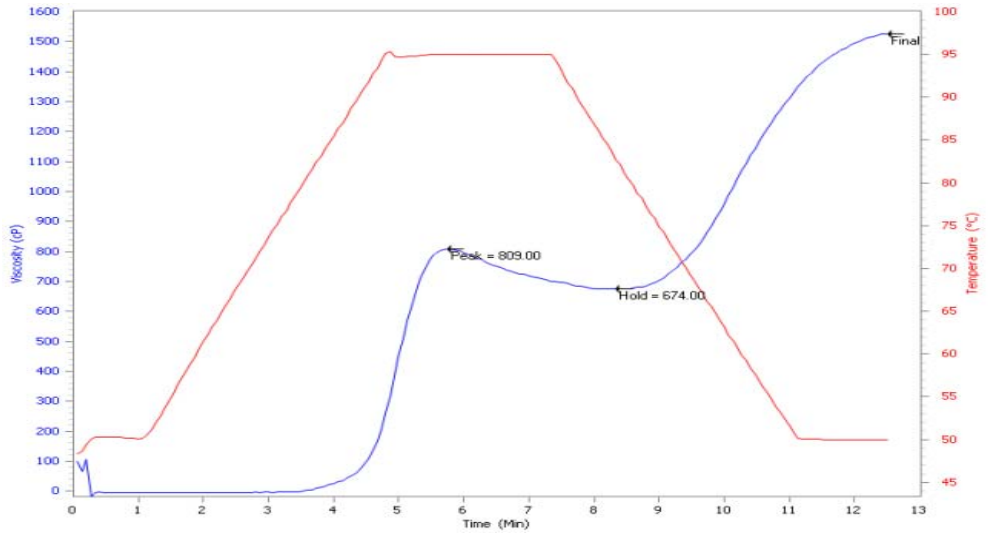
۳-۳- خصوصیات خمیری شدن آردهای برنج، ذرت و سیب زمینی در مخلوط با صمغ کتیرا

هیدروکلوئیدها یا صمغ‌ها به عنوان عواملی که می‌توانند خصوصیات خمیری شدن آردها و نشاسته‌ها را تحت تأثیر قرار دهند شناخته می‌شوند و بطورگسترده به عنوان عامل ضد بیاتی در محصولات نانوایی مورد استفاده قرار می‌گیرند (۷). در جدول ۲ مقادیر میانگین پارامترهای خمیری شدن نمونه‌های آرد در حضور مقادیر ۰/۲ و ۰/۴ گرم صمغ کتیرا در مخلوط آرد و صمغ آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش مقدار صمغ کلیه فاکتورها افزایش یافته است. بطور کلی ویسکوزیته یک سیستم مخلوط تا حد زیادی بالاتر از نشاسته به تنهایی است. از آنجا که بیوپلیمرها به شدت هیدروفیل (آبدوست) هستند با نشاسته برای جذب آب رقابت می‌کنند (۱۳). اثر افزودن هیدروکلوئیدها در افزایش ویسکوزیته اوج در پژوهش‌های پیشین توسط نویسندگان دیگر گزارش شده است و این اثر سینرژیستی در افزایش ویسکوزیته اوج سیستم‌های نشاسته-صمغ به این صورت تفسیر شدند که با فرض اینکه سیستم دو فاز باشد یعنی خمیرهای نشاسته به عنوان سوسپانسیون ذرات گرانول متورم پراکنده در یک محیط ماکرومولکولی می‌باشند که صمغ در آنها، داخل فاز پیوسته واقع شده است. در طول ژلاتینه شدن نشاسته به دلیل تورم گرانول‌های آن همچنانکه حجم فاز در دسترس صمغ در حال کاهش است، غلظتش به طور مشخصی افزایش می‌یابد که این نتایج بطور قطعی در ویسکوزیته مخلوط افزایش ایجاد می‌کند (۵، ۱۰). از آنجا که ویسکوزیته اوج اغلب با کیفیت محصول نهایی ارتباط دارد و همچنین نشانه‌ای از فشار ویسکوزی که میکسر دستگاه پخت با آن مواجه است فراهم می‌کند و به دلیل اینکه توانایی نشاسته‌ها به مقاومت یا تحمل حرارت‌دهی در دماهای بالا و تنش برشی یک فاکتور مهم در تعداد زیادی از فرایندها است، می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش صمغ کتیرا به آردها این پارامترها نیز افزایش یافته است (۱۳). از طرفی افزایش ویسکوزیته در مخلوط صمغ-نشاسته باعث می‌شود که نیروهای برشی اعمال شده بر گرانول‌های نشاسته در میدان برشی بزرگتر از آنکه سوسپانسیون آب نشاسته با آن مواجه می‌شود باشد که منجر به شکستن گرانول‌ها و کاهش بیشتر ویسکوزیته می‌شود یعنی اُفت ویسکوزیته مخلوط صمغ و نشاسته نسبت به نشاسته به تنهایی افزایش می‌یابد که در مورد اثر صمغ کتیرا در همه غلظت‌ها بر همه آردها این نتیجه مشاهده گردید (۱۰). همچنین مخلوط صمغ کتیرا و آردها در زمان سرد کردن ویسکوزیته نهایی بالاتری را نسبت به شاهد نشان دادند که بطور کلی ویسکوزیته نهایی نشان دهنده توانایی نشاسته در تشکیل یک خمیر ویسکوز و چسبناک است و افزایش آن در سیستم نشاسته-صمغ می‌تواند تعامل بین

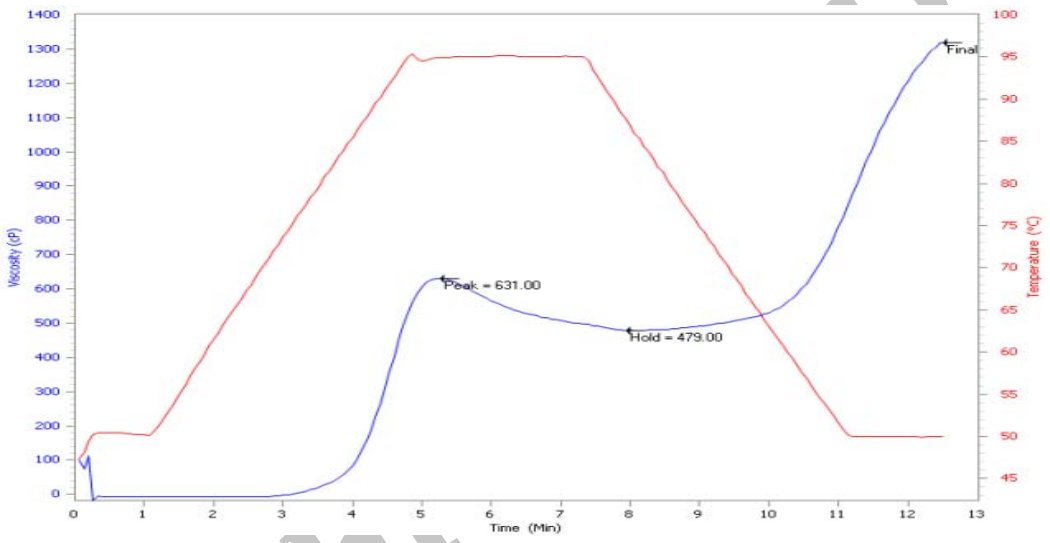
[1] Retro gradation
[2] Zaidul

Archive of SID

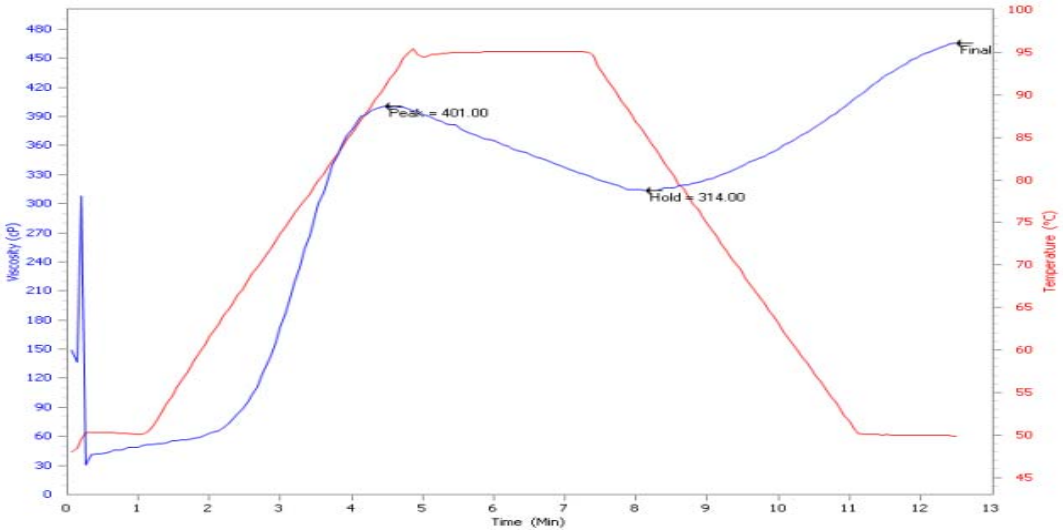
www.SID.ir



(الف)



(ب)



(ج)

شکل ۱- منحنی تغییرات ویسکوزیته-دما و خمیری شدن آردهای مختلف بر حسب زمان توسط دستگاه تحلیل‌گر سریع ویسکوزیته؛ (الف) آرد برنج، (ب) آرد ذرت و (ج) آرد سیب زمینی.

www.SID.ir

مواد خارج شده از گرانول‌های نشاسته (آمیلوز محلول و آمیلوپکتین با وزن ملکولی پائین) و هیدروکلوئیدها باشد که تشکیل کمپلکس‌های پلیمری را ترویج داده و بطور قابل توجهی به ویسکوزیته سیستم می‌افزاید (۱۶). و در نهایت ویسکوزیته برگشت نیز افزایش را در حضور صمغ کتیرا در آردها داشته که علت آن نه فقط به دلیل درجه تجمع دوباره ملکول‌های نشاسته ژلاتینه شده (بویژه آمیلوز) در طی سرد کردن است بلکه همچنین به دلیل اثر سینتیکی سرد کردن در ویسکوزیته است (۹). اگرچه نشاسته به لحاظ کمی جزء اصلی برای کنترل خصوصیات خمیری شدن و حرارتی است اما حرارت می‌تواند تغییراتی در پلی‌ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای و پروتئین‌ها وارد کند و همچنین در ژل شدن و خصوصیات خمیری بوسیله متورم شدن، دناتوراسیون و باز کردن مارپیچ‌ها شرکت می‌کند (۱۳).

جدول ۲- تجزیه واریانس (ANOVA) تاثیر نوع آرد بر روی خصوصیات خمیری شدن

نوع آرد	ویسکوزیته اوج (سانتی‌پوآز)	ویسکوزیته نگهداری (سانتی‌پوآز)	اُفت ویسکوزیته (سانتی‌پوآز)	ویسکوزیته نهایی (سانتی‌پوآز)	ویسکوزیته برگشت (سانتی‌پوآز)
برنج	۳۳۱۶/۷ a	۱۶۰۲/۳ a	۱۷۱۴/۳ a	۵۱۸۶/۳ a	۱۸۶۹/۷ a
ذرت	۲۲۸۳/۷ ab	۱۲۲۰/۰ b	۱۰۶۳/۷ a	۳۱۶۳/۰ ab	۹۴۶/۰ ab
سیب‌زمینی	۱۵۵۷/۳ b	۹۴۷/۳ b	۶۱۰/۰ a	۱۹۱۵/۳ b	۳۵۸/۰ b

*مقایسات میانگین توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح معنی‌دار ۹۵ درصد

جدول ۳- تجزیه واریانس (ANOVA) تاثیر غلظت صمغ کتیرا بر روی خصوصیات خمیری شدن

صمغ کتیرا (گرم)	ویسکوزیته اوج (سانتی‌پوآز)	ویسکوزیته نگهداری (سانتی‌پوآز)	اُفت ویسکوزیته (سانتی‌پوآز)	ویسکوزیته نهایی (سانتی‌پوآز)	ویسکوزیته برگشت (سانتی‌پوآز)
۰	۶۱۳/۷ c	۴۹۵/۷ c	۱۱۸/۰ b	۱۱۰۳/۷ b	۴۹۰/۰ b
۰/۲	۲۳۵۷/۳ b	۱۳۴۲/۰ b	۱۰۱۵/۳ b	۳۳۰۸/۳ b	۱۰۱۷/۷ ab
۰/۴	۴۱۸۶/۷ a	۱۹۳۲/۰ a	۲۲۵۴/۷ a	۵۸۵۲/۷ a	۱۶۶۶/۰ a

*مقایسات میانگین توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح معنی‌دار ۹۵ درصد

۴- نتیجه گیری

خصوصیات خمیری شدن آردها از این جهت که می‌توانند شاخص مهم پیش‌بینی رفتار خمیری شدن در طول و بعد از پخت باشند مهم هستند. نشاسته دارای اثر سینرژیستی با صمغ‌ها است. خواص خمیری شدن آردها می‌تواند تحت تأثیر نوع و مقدار صمغ اضافه شده به آنها تغییر کند و با اداره کردن آن می‌توان، از آنها جهت توسعه آینده محصول استفاده کرد. دستگاه تحلیل‌گر سریع ویسکوزیته به عنوان یک ابزار پژوهشی، به سرعت اثر صمغ‌های مختلف بر روی خصوصیات پختی آرد را که برای هر نوع نشاسته و صمغ منحصر به فرد است را نشان می‌دهد. با توجه به کاربرد وسیع صمغ کتیرا در بخش‌های مختلف صنعت غذا و خصوصیات عملکردی مطلوب این صمغ، اضافه کردن آن در سطوح مختلف به آردهای پر مصرف مثل آرد برنج، ذرت و سیب‌زمینی و اندازه‌گیری خصوصیات خمیری شدن نشان داد که این صمغ در کلیه غلظت‌ها و در همه آردها منجر به افزایش کلیهٔ فاکتورهای خمیری شدن (ویسکوزیته اوج، اُفت ویسکوزیته، ویسکوزیته نهایی و ویسکوزیته برگشت) می‌شود. در بین آردها، آرد برنج بالاترین مقادیر ویسکوزیته را نسبت به آردهای دیگر داشت.

Archive of SID

www.SID.ir

۵- تشکر و سپاس گزاری

از مرکز تحقیقات صنایع غذایی دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین که تأمین کلیه تسهیلات مالی و تجهیزاتی این پژوهش را به عهده داشتند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود.

۶- منابع

۱- زرگران، ع.ا. محمدی‌فر، م.ا. و بلاغی، س. ۱۳۸۷. مقایسه برخی ترکیبات شیمیایی و ویژگی‌های رئولوژیک صمغ کتیرای ایرانی تراویده از دو گونه گون *A. rahensis* و *A. floccosus*. مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، ۳(۴): ۱۷-۹.

۲- فاضل، م. عزیزی، م.ح. عباسی، س. و برزگر، م. ۱۳۹۱. بررسی تاثیر کتیرا، گلیسرول و روغن روی خصوصیات فیلم خوراکی بر پایه نشاسته سیب زمینی. فصلنامه علوم و صنایع غذایی، ۳۴(۹): ۱۰۶-۹۷.

۳- مویدی، س. صادقی ماهونگ، ع.ر. عزیزی ،م.ح. مقصودلو، ی. ۱۳۹۲. بررسی اثر صمغ کتیرا بر ویژگی‌های کیفی نان حجیم. فصلنامه علوم و صنایع غذایی، ۳۸(۱۰): ۱۱۲-۱۰۳.

4- Alamri, M.S., Mohamed, A.A., & Hussain, S. 2012. Effect of okra gum on the pasting, thermal, and viscous properties of rice and sorghum starches. Journal of Carbohydrate Polymers. 89, 199-207.

5- Alloncle, M., Lefebvre, J., Llamas, G., & Doublier, J.L. 1989. A Rheological Characterization of Cereal Starch-Galactomannan Mixtures. Journal of Cereal Chemistry. 66(2), 90-93.

6- AOAC, 1984. Official methods of Analysis of AOAC. Association of Official Analytical chemists, Arlington, VA, USA.

7- Arif, S., Mohsin Ali, T., Afzal, Q.U., Ahmed, M., Siddiqui, A.J., & Hasnain, A. 2014. Effect of pentosans addition on pasting properties of flours of eight hard white spring wheat cultivars. Journal of Food Science and Technology. 51(6), 1066-1075.

8- Balasubramanian, S., Borah, A., & Mahanta, C.L. 2012. Rheological and nutritional properties of legumes incorporated corn extrudates. International Food Research Journal. 19(3), 971-975.

9- Chantaro, P., & Pongsawatmanit, R. 2010. Influence of sucrose on thermal and pasting properties of tapioca starch and xanthan gum mixtures. Journal of Food Engineering. 98, 44-50.

10- Chaisawang, M., & Suphantharika, M. 2006. Pasting and rheological properties of native and anionic tapioca starches as modified by guar gum and xanthan gum. Journal of Food Hydrocolloids. 20, 641-649.

11- Chaisawang, M., & Suphantharika, M. 2005. Effects of guar gum and xanthan gum additions on physical and rheological properties of cationic tapioca starch. Journal of Carbohydrate Polymers. 61, 288-295.

12- Correa, M.J., Ferrero, C., Puppo, C., & Brites, C. 2013. Rheological properties of rice-locust bean gum gels from different rice varieties. Journal of Food Hydrocolloids. 31, 383-391.

13- Kaur, M., Singh Sandhu, K., & Kaur, J. 2013. Pasting properties of Tamarind (*Tamarindus indica*) kernel powder in the presence of Xanthan, Carboxy methyl cellulose and Locust bean gum in comparison to Rice and Potato flour. Journal of Food Science and Technology. 50(4), 809-814.

14- Leivas, C.L. 2013. Structural, physico-chemical, thermal and pasting properties of potato (*Solanum tuberosum L.*) flour Study of different cultivars and granulometries. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. 111, 2211-2216.

15- Ramesh Yadav, A., Manisha Guha, R.N., Tharanathan, R., & Ramteke, S. 2006. Influence of drying conditions on functional properties of potato flour. Journal of European Food Research and Technology. 223(4), 553-560.

16- Sharma, R., Oberoi, D.P.S., Sogi, D.S., & Gill1, B.S. 2009. Effect of sugar and gums on the pasting properties of cassava starch. Journal of Food Processing and Preservation. 33, 401-414.

17- Zaidul, I.S.M., Nik Norulaini, N.A., Mohd Omar, A.K., Yamauchi, H., & Noda, T. 2007. RVA analysis of mixtures of wheat flour and potato, sweet potato, yam, and cassava starches. Journal of Carbohydrate Polymers. 69,784-791.

Archive of SID

www.SID.ir