

# بررسی تاثیر جایگزینی صمغ کتیرا بر بهبود خصوصیات خمیری شدن آردهای برنج، ذرت و سیب زمینی توسط دستگاه تحلیل گر سریع ویسکوزیته

مریم امیری<sup>۱</sup>، حمید توکلی پور<sup>۲</sup>، محسن مختاریان<sup>۳\*</sup>

<sup>۱</sup> گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده مهندسی صنایع و مکانیک، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران

<sup>۲</sup> گروه علوم و صنایع غذایی، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران

<sup>۳</sup> 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 تحلیل گر 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 نمونه 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 تحلیل گر سریع ویسکوزیته آردهای شاهد (برنج، ذرت و سیب زمینی) نشان داد که در کلیه پارامترهای اندازه گیری 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 سیب زمینی 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 سیب زمینی بدست آمد.

**واژه های کلیدی:** تحلیل گر سریع ویسکوزیته، خصوصیات خمیری شدن، رئولوژی، صمغ کتیرا.

## ۱- مقدمه

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 می گیرند (۱۱).

برای تعیین امکان استفاده از هر صمغ یا هیدروکلونید در غذا و دیگر صنایع، پروفایل ویسکوزیته معمولاً به عنوان یک پارامتر مهم شناخته شده است. دستگاه تحلیل گر سریع ویسکوزیته به عنوان یک ابزار پژوهشی، به سرعت اثر صمغ های مختلف بر روی خصوصیات پختی نشاسته را که برای هر نوع نشاسته و صمغ منحصر به فرد است را نشان می دهد. هر هیدروکلونید از راه های مختلف بر روی خصوصیات خمیری شدن نشاسته تاثیر می گذارد که بستگی به ساختمان ملکولی هیدروکلونیدها و بار یونی نشاسته و صمغ دارد (۱۳).

در ارتباط با بررسی خصوصیات خمیری شدن مخلوط صمغ ها و مواد نشاسته ای، کاساوانگ و سوفانتاریکا<sup>۲</sup> (۲۰۰۵ و ۲۰۰۶) اثر صمغ گوار و زانتان را بر خصوصیات رئولوژیکی و خمیری شدن نشاسته های tapioca کاتیونیک، آنیونیک و طبیعی را مورد مطالعه قرار دادند (۱۰، ۱۱). در بررسی خصوصیات خمیری شدن نشان داده شد که اضافه کردن صمغ ها در نشاسته های کاتیونیک و طبیعی باعث افزایش ویسکوزیته اوج<sup>۳</sup>، افت ویسکوزیته<sup>۴</sup> و ویسکوزیته نهایی<sup>۵</sup> می شود. اثر صمغ گوار بیشتر از صمغ زانتان بود. نشاسته آنیونیک با اضافه کردن صمغ گوار نتایج مشابه نشاسته های قبلی را داشت ولی زانتان نتایج مخالف را در این نوع نشاسته نشان داد. گروهی از محققین، رفتار خمیری شدن ژل های برنج واریته های ژاپنی، هندی و مومی را در اختلاط با صمغ دانه خرنوب با دستگاه تحلیل گر سریع ویسکوزیته بررسی کردند. نتایج نشان داد که افزودن صمغ دانه خرنوب باعث افزایش ویسکوزیته اوج، ویسکوزیته نهایی و ویسکوزیته حداقل شده<sup>۶</sup> و فقط ژل برنج ژاپنی کاهش ویسکوزیته برگشت<sup>۷</sup> را داشته است (۱۲). همچنین گروهی دیگری از محققین، اثر صمغ بامیه بر روی خصوصیات فیزیکی نشاسته های سورگوم و برنج را با استفاده از دستگاه تحلیل گر سریع ویسکوزیته، ویسکومتر بروکفیلد، دستگاه

هیدروکلونیدها یا صمغ ها، پلی ساکاریدهای با وزن ملکولی بالا هستند که با داشتن ساختار متفاوت، باعث ایجاد خصوصیات کاری متفاوتی می شود. آنها به آسانی در آب حل یا پراکنده شده و تحت شرایط مناسب می توانند ویسکوزیته را افزایش دهند. این دسته از مواد کاربردهای وسیعی در صنعت غذا، از جمله بهینه کردن ویژگی های رئولوژیکی و بافتی سیستم های غذایی دارند (۱۳). صمغ های ترشچی، در زمره قدیمی ترین عوامل قوام دهنده و پایدارکننده به شمار می روند و با وجود رقابت محصولات رقیب، برخی از این صمغ های ترشچی، هنوز در مقادیر زیاد مورد مصرف قرار می گیرند (۱).

صمغ کتیرا، تراوه خشک شده طبیعی حاصل از برخی گونه های 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 می گردد (۲). کتیرا به عنوان هیدروکلونیدی با کیفیت، در فهرست محصولات عموماً بی خطر<sup>۱</sup> قرار داشته و به عنوان یکی از افزودنی های مواد غذایی مطرح می باشد (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 می باشد که قابلیت تورم و تشکیل ژل را داراست. جزء دیگر یا تراگاکانتین نیز، در آب حل شده و منجر به ایجاد محلول کلونیدی می شود. باسورین یک جزء اسیدی است که بر اثر هیدرولیز اسیدی، تولید قندهایی نظیر دی-زایلوز، ال-فوکوز، دی گالاکتورونیک اسید، و مقدار کمی ال-رامنوز می کند. جزء اسیدی این مولکول نیز در ارتباط با کاتیون های کلسیم، منیزیم و پتاسیم می باشد. خواص صمغ کتیرا به مقدار زیادی به باسورین ارتباط دارد. تراگاکانتین، به عنوان جزء پلی ساکاریدی خنثی محسوب شده که ساختار آن متشکل از واحدهای متوالی دی-گالاکتوز بوده و زنجیره های منشعب ال-آرابینوز به آن متصل است؛ همچنین گروه های متوکسیل نیز به مقدار قابل توجهی در ساختار آن حضور دارند (۳). صمغ ها در

<sup>2</sup> Chaisawang & Suphantharika

<sup>3</sup> Peak viscosity

<sup>4</sup> Breakdown viscosity

<sup>5</sup> Final viscosity

<sup>6</sup> Minimum viscosity or trough

<sup>7</sup> Setback viscosity

<sup>1</sup> Generally Recognized As Safe (GRAS)

خصوصیات خمیری شدن نمونه‌های آرد همراه با صمغ کتیرا با دستگاه تحلیل گر سریع ویسکوزیته<sup>۲</sup> 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 تحلیل گر سریع ویسکوزیته با پاروی<sup>۳</sup> 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 اندازه گیری ویسکوزیته، برنامه دمایی دستگاه در مدت ۱۲ دقیقه 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

گرماسنج روبشی تفاضلی<sup>۱</sup> و میکروسکوپ نوری مورد مطالعه قرار دادند. آنها مقادیر ۵ درصد، ۱۰ درصد و ۱۵ درصد وزنی صمغ بامیه را جایگزین نشاسته نمودند و نتیجه گیری 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 تحلیل گر 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 سیب زمینی 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) اندازه گیری شد. مقدار کربوهیدرات از طریق اختلاف مجموع درصد چربی، پروتئین، خاکستر و رطوبت از ۱۰۰ محاسبه شد (۶).

##### ۲-۳- خصوصیات خمیری شدن

<sup>2</sup> Model, RVA-super 4, Newport Scientific Pty. Ltd., Australia

<sup>3</sup> Paddle

<sup>1</sup> Differential Scanning Calorimeter

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<sup>۳</sup> 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 دارد که 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 قرار گرفت. 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 کلیه 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

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<sup>۱</sup> 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 لويس<sup>۲</sup> (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 (٪ وزن خشک)	نوع آرد	
	برنج	ذرت
پروتئین	۵/۸	۶/۰۲
خاکستر	۰/۷۳	۰/۵۱
چربی	۱/۰۲	۳/۳
رطوبت	۸/۶	۷
کربوهیدرات	۸۳/۸۵	۸۳/۱۷

### 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 ۴۰۱-۸۰۹ سانتی‌پوآز بود که بیشترین آن برای آرد برنج و کمترین 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

<sup>1</sup> Kaur

<sup>2</sup> Leivas

<sup>3</sup> Balasubramanian

بیوپلیمرها به شدت هیدروفیل (آبدوست) هستند با نشاسته برای جذب آب رقابت می کنند (۱۳). اثر افزودن هیدروکلئیدها در افزایش ویسکوزیته اوج در پژوهش های پیشین توسط نویسندگان دیگر گزارش شده است و این اثر سینرژیستی در افزایش ویسکوزیته اوج سیستم های 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 می باشند که صمغ در آنها، داخل فاز پیوسته واقع شده است. در طول ژلاتینه شدن نشاسته به دلیل تورم گرانول های آن همچنانکه حجم فاز در دسترس صمغ در حال کاهش است، غلظتش به طور مشخصی افزایش می یابد که این نتایج بطور قطعی در ویسکوزیته مخلوط افزایش ایجاد می کند (۵، ۱۰). از آنجا که ویسکوزیته اوج اغلب با کیفیت محصول نهایی ارتباط دارد و همچنین نشانه ای از فشار ویسکوزی که میکسر دستگاه پخت با آن مواجه است فراهم می کند و به دلیل توانایی نشاسته ها به مقاومت یا تحمل حرارت دهی در دماهای بالا و تنش برشی یک فاکتور مهم در تعداد زیادی از فرایندها است، می توان 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 می شود که نیروهای برشی اعمال شده بر گرانول های نشاسته در میدان برشی بزرگتر از آنکه سوسپانسیون آب نشاسته با آن مواجه می شود باشد که منجر به شکستن گرانول ها و کاهش بیشتر ویسکوزیته می شود یعنی اُفت ویسکوزیته مخلوط صمغ و نشاسته نسبت به نشاسته به تنهایی افزایش می یابد که در مورد اثر صمغ کتیرا در همه غلظت ها 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 می تواند تعامل بین

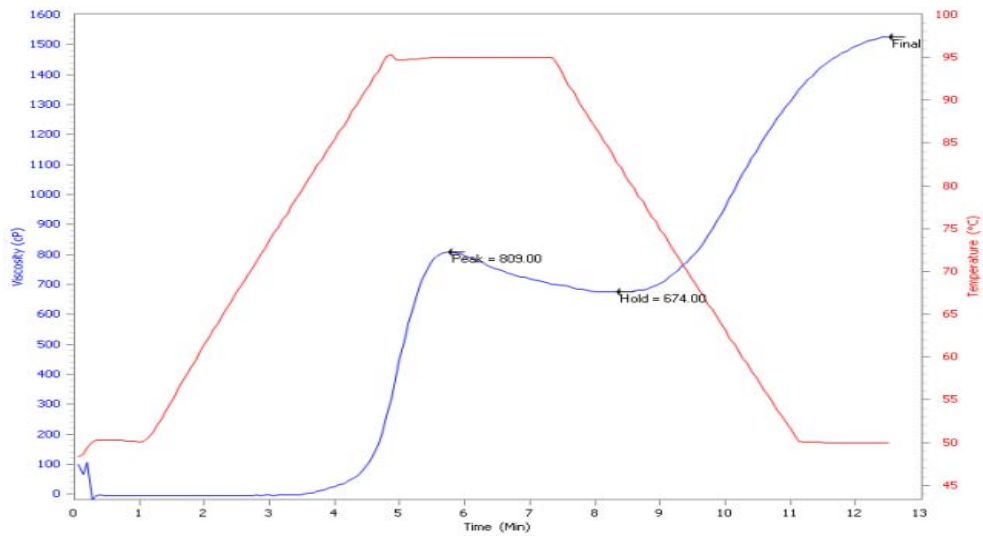
(۱۲). اُفت ویسکوزیته در آرد برنج نسبت به بقیه آردها بیشتر است که مرتبط با ساختمان گرانول های نشاسته، آبگیری شبکه و تجمعات (پیوستگی) بین ملکولی است (۱۳). در زمان ژلاتیناسیون ساختار کریستالی اولیه گرانول های نشاسته سازماندهی خود را از دست می دهند بطوریکه آمیلوز به دلیل خطی بودن ساختارش از گرانولها خارج می شود (۱۲). پس از ژلاتیناسیون، در زمان سرد کردن زنجیره های آمیلوزی که بیرون آمده اند شروع به دوباره به هم پیوستن می کنند که رتروگراداسیون<sup>۱</sup> نامیده می شود این فرایند با افزایش ویسکوزیته همراه است که به ویسکوزیته نهایی ختم می شود. از اختلاف بین ویسکوزیته نهایی و ویسکوزیته اوج، ویسکوزیته برگشت محاسبه می گردد. ویسکوزیته برگشت مقدار تمایل گرانول های 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<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۰۷) برای آردهای محصولات ریشه ای و غده ای 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 پیش بینی نمودند (۱۷). اختلاف نتایج را می توان 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

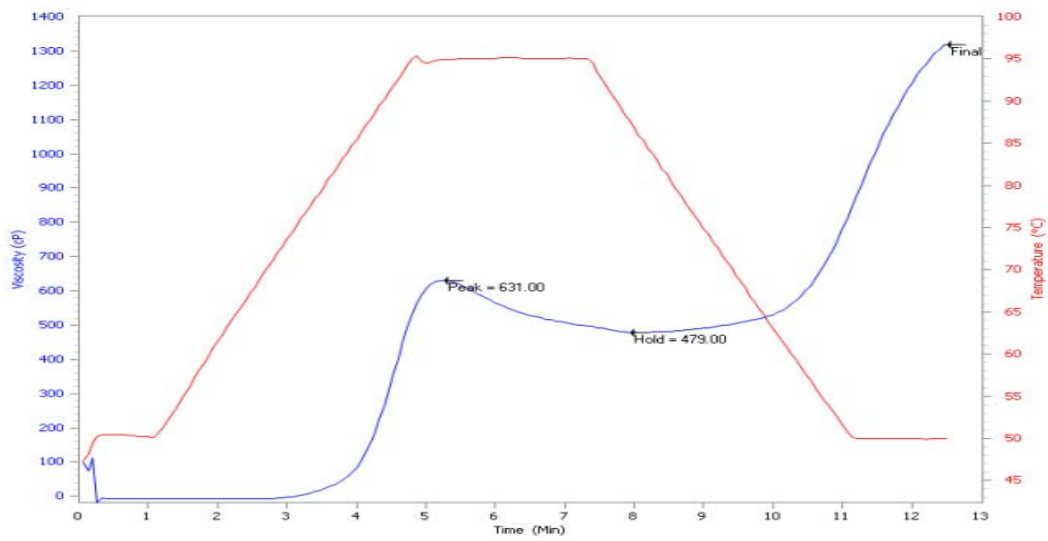
هیدروکلئیدها یا صمغ ها به عنوان عواملی که می توانند خصوصیات خمیری شدن آردها و نشاسته ها را تحت تأثیر قرار دهند شناخته می شوند و بطور گسترده به عنوان عامل ضد بیاتی در محصولات نانویی مورد استفاده قرار می گیرند (۷). در جدول ۲ مقادیر میانگین پارامترهای خمیری شدن نمونه های آرد در حضور مقادیر ۰/۲ و ۰/۴ گرم صمغ کتیرا در مخلوط آرد و صمغ آورده شده است. نتایج نشان می دهد 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

<sup>1</sup> Retro gradation

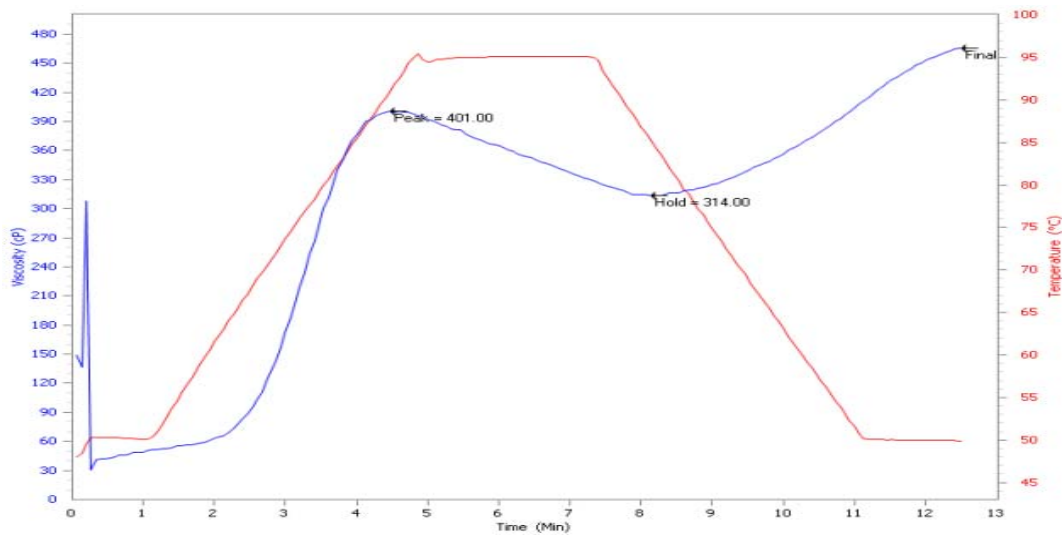
<sup>2</sup> Zaidul



(الف)



(ب)



(ج)

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

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).

مواد خارج شده از گرانول‌های نشاسته (آمیلوز محلول و آمیلوپکتین با وزن ملکولی پائین) و هیدروکلئیدها 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

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

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

\*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

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

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

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 کلیه 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.

#### 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

**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**

- 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., & 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.
- 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.
- 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. floccosus* و *A. rahensis*. *مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران*، ۳(۴): ۹-۱۷.
- 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): ۹۷-۱۰۶.
- ۳- مویدی، س. صادقی ماهونگ، ع.ر. عزیزی، م.ح. مقصدولو، 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