

بررسی ویژگی های فیزیکوشیمیایی نشاسته گندم تیمار شده با امواج فراصوت

مریم جمال آبادی^۱، سولماز صارم نژاد^{۱*}

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم و فناوری های نوین، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم دارویی

۲- استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم و فناوری های نوین، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم دارویی

(تاریخ دریافت: ۹۳/۴/۸ تاریخ پذیرش: ۹۳/۵/۲۵)

چکیده

امکان استفاده از امواج فراصوت در صنایع غذایی از موضوعات مورد توجه محققان می باشد. با توجه به استفاده گسترده از انواع نشاسته بویژه نشاسته اصلاح شده با روش های شیمیایی در صنایع غذایی و مخاطرات همراه با مصرف این نوع نشاسته ها، هدف از انجام این پژوهش امکان تولید نشاسته اصلاح شده با کمک امواج فراصوت بود. بدین منظور ابتدا ۶ نمونه سوسپانسیون نشاسته گندم ۱۰٪ تهیه شده سپس توسط دستگاه تولید امواج فراصوت تحت تیمار با پروب ۲۰۰ و ۴۰۰ وات و همچنین حمام فراصوت به مدت ۱۵ و ۳۰ دقیقه قرار گرفتند. تغییرات حاصله در نشاسته های تیمار شده توسط آزمون حلالیت و قدرت تورم، میزان جذب روغن، میزان کدورت و عکس برداری با میکروسکوپ الکترونی روبشی مورد مطالعه قرار گرفت. بر اساس نتایج حاصله بیش ترین میزان حلالیت و کمترین میزان قدرت تورم نشاسته مربوط به نمونه های تیمار شده با پروب فراصوت ۲۰۰ وات و همچنین شفاف ترین نمونه، نمونه تیمار شده با پروب فراصوت ۲۰۰ وات به مدت ۱۵ دقیقه بود که از نظر میزان شفافیت، تفاوت معنی داری با شفافیت نمونه کنترل نداشت. همچنین بیش ترین میزان جذب روغن مربوط به نمونه های تیمار شده با پروب فراصوت ۲۰۰ وات به مدت ۱۵ و ۳۰ دقیقه بود. بررسی تصاویر مربوط به میکروسکوپ الکترونی نمونه ها نیز بیانگر متلاشی شدن کامل ساختار گرانول ها در نمونه های تیمار شده با پروب فراصوت ۲۰۰ وات به مدت ۱۵ و ۳۰ دقیقه بود، در حالی که سایر نمونه های تیمار شده فقط به مقدار مختصری دچار دگرگونی و ترک شده بودند.

کلید واژگان: نشاسته گندم، تیمار فراصوت، ویژگی های فیزیکوشیمیایی

* مسئول مکاتبات: solmazsaremi@yahoo.com

۱- مقدمه

نشاسته پلی ساکاریدی است که از قسمتهای مجزا تشکیل شده است. اندازه ی گرانول های نشاسته، شکل و ریخت شناسی، ترکیبات و ساختار مولکولی آن بستگی به منبع گیاهی نشاسته دارد. به طور کلی اندازه ی گرانول های نشاسته در دامنه ایی کمتر از ۱ میکرومتر تا بیش تر از ۱۰۰ میکرومتر و شکل آنها به صورت چند ضلعی، بیضی، کروی و نامنظم می باشد. نشاسته در سیب زمینی، گندم، برنج و غذاهای دیگر یافت می شود [۱]. گرانول های نشاسته از دو ترکیب آمیلوز و آمیلوپکتین تشکیل شده است. آمیلوز، ترکیبی از واحد های D -گلوکز می باشد که با اتصالات $(1 \rightarrow 4)$ - $a-D$ به هم متصل شده اند و آمیلوپکتین، پلیمری دارای انشعاب در نشاسته است و ترکیبی از اتصالات $(1 \rightarrow 4)$ - $a-D$ گلوکز بوده که در قسمتهای منشعب واحد های گلوکز با اتصالات $(1 \rightarrow 6)$ - $a-D$ به یکدیگر متصل شده اند. آمیلوز، یک پلی مر خطی است. اگر چه که شواهد برخی از انشعابات را در این ساختار پیشنهاد داده است [۲]. همچنین آمیلوز به عنوان یک مارپیچ هیدرو فوییک می تواند با اسیدهای چرب آزاد، اسید های چرب ترکیب شده با گلیسرید، برخی از الکل ها وید کمپلکس تشکیل دهد. آمیلوپکتین از آمیلوز بزرگتر می باشد و به طور طبیعی در بیش تر نشاسته ها وجود دارد. در نهایت ساختار گرانول های نشاسته، میزان دسترسی گرانول های نشاسته به آب و ترکیبات شیمیایی روی الگوی واکنش های مولکولی و ویژگی های نشاسته های اصلاح شده تأثیر گذار هستند [۲]. نشاسته ها به طور طبیعی و اصلاح نشده برای بیش تر کاربردها نامناسب هستند، بنابراین باید به طور شیمیایی و یا فیزیکی اصلاح شوند تا خواص مثبت آنها افزایش و یا خواص نامرغوب آنها کاهش می یابد [۲]. مشتقات نشاسته در صنایع غذایی به عنوان قوام دهنده، عامل ژله ای کننده و عامل کپسوله کننده استفاده می شود و امروزه تولیدکنندگان مواد غذایی ترجیح می دهند نشاسته هایی را با ویژگی های بهتر، که از نشاسته های خام بدست می آیند مورد استفاده قرار دهند [۲]. هدف اصلی از اصلاح کردن نشاسته شامل افزایش ظرفیت نگهداری آب، افزایش مقاومت نسبت به گرما، کاهش دادن آب انداختن در نشاسته ها و افزایش دادن ویژگی های قوام دهنده گی نشاسته ها می باشد. ویژگی های نشاسته ها را می توان به روش های مختلف اصلاح نمود. روشهای اصلاح کردن نشاسته شامل استفاده از روش های

آنزیمی، فیزیکی و شیمیایی است [۳]. در روش اصلاح آنزیمی برخی از قسمت های نشاسته توسط آنزیم های آمیلولیتیک به ترکیبات با وزن مولکولی پایین تر که مالتو دکسترین یا دکسترین نامیده می شوند هیدرولیز می شوند [۳]. روش اصلاح فیزیکی شامل استفاده از حرارت، فشار، انجماد، امواج رادیویی و غیره است [۳]. روش اصلاح شیمیایی به عنوان یک روش اصلی برای اصلاح کردن نشاسته در سال های اخیر مورد استفاده قرار گرفته است [۳] و شامل نشاسته های دارای اتصالات عرضی (در این حالت تحت اثر عواملی مانند اپی کلروهیدرین یا اکسی کلرید فسفات اتصالات کوالانسی قوی بین مولکول های نشاسته برقرار می شود). نشاسته های اکسید شده (با افزودن هیپوکلرید سدیم به نشاسته به دست می آید)، نشاسته های تیمارشده با اسید، نشاسته های دکسترینه شده و نشاسته های فسفات می باشد [۳]. با توجه به این که امواج فراصوت دارای فرکانسی بالاتر از حد شنوایی انسان بوده و دارای اثرات چشمگیری در تغییر ساختار مواد تیمار شده با آن می باشد [۴]. دانشمندان زیادی در مورد بررسی تأثیرات این امواج در فرکانس های مختلف روی ترکیبات مختلف غذایی مطالعه انجام داده اند [۵]. در ایران و بسیاری از نقاط دنیا نشاسته را توسط روشهای شیمیایی و با کمک مواد شیمیایی اصلاح می کنند. استفاده از این روش دارای معایبی از جمله هزینه های گزاف، صرف زمان زیاد، راندمان کم محصول و همچنین امکان باقی ماندن مواد شیمیایی داخل محصول نهایی می باشد، اما به نظر می رسد استفاده از امواج فراصوت به عنوان روشی فیزیکی جهت اصلاح ویژگی های فیزیکی و شیمیایی نشاسته با زمانی کوتاه تر انجام پذیر باشد. در این راستا تحقیقاتی توسط دانشمندان انجام شد مثلاً Munchun و همکاران (۲۰۱۲) موفق به تفسیر قدرت تورم نشاسته تاپوکا با امواج فراصوت ۴۰۰ وات شدند [۶]. Rezek و همکاران (۲۰۱۰) با استفاده از امواج فراصوت با توان بالا آنتالپی ژلاتیناسیون نشاسته ذرت را کاهش دادند [۷]. در دو تحقیق دیگری که توسط Yasuo و همکاران (۲۰۰۸) و Masahura و همکاران (۱۹۸۴) انجام شد آنها موفق به کاهش ویسکوزیته نشاسته ژلاتینه شده به کمک امواج فراصوت شدند [۹، ۵]. Cezechowska و همکاران (۲۰۰۵) میزان تغییرات نشاسته و چیتوزان را با کمک امواج فراصوت با فرکانس ۳۶۰ کیلوهرتز را مورد بررسی قرار دادند [۱۲]. از آنجایی که گندم

۲-۱-۳- تیماردهی نمونه ها با دستگاه حمام فراصوت دو نمونه باقی مانده از محلول سوسپانسیون نشاسته ۱۰٪ یکی به مدت ۱۵ دقیقه و دیگری به مدت ۳۰ دقیقه تحت امواج فراصوت درحمام فراصوت با توان ۶۹۰ وات (Wise Clean, Germany), فرکانس ۴۰ کیلو هرتز قرارداد شده.

۲-۱-۴- خشک کردن نمونه ها در فریز درایر پس تیمار دهی نمونه ها به همراه نمونه ی شاهد به مدت ۲۴ ساعت داخل فریز درایر (Christ, GmbH, Germany) قرارداد شده تا نمونه ها به طور کامل خشک شده و به پودر نشاسته تیمار شده تبدیل گردند.

۲-۲- اندازه گیری ویژگی های فیزیکی و شیمیایی

۲-۲-۱- آزمون حلالیت و قدرت تورم نشاسته ابتدا ۰/۲ گرم از نشاسته تیمار شده و شاهد را وزن کرده سپس داخل فالكون سانتریفوژ (HerausChrist, Sweden) ریخته و به میزان ۱۰ سی سی آب مقطر به داخل فالكون اضافه شد. فالكون در حرارت بن ماری ۸۰ درجه سانتی گراد به مدت ۳۰ دقیقه حرارت دهی شده، سپس فالكون در دمای اتاق خنک و به مدت ۱۵ دقیقه در دور rpm ۲۲۰۰ سانتریفوژ شد. سوپرناتانت جدا شده و در داخل لوله ی آزمایشی با وزن ثابت ریخته شد. سپس لوله های آزمایش حاوی سوپرناتانت داخل آون ۱۰۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت قرارداد شده تا کاملاً تبخیر گردد، لوله مجدداً وزن شده و از تفاضل وزن آن از وزن نشاسته لوله ی اولیه میزان وزن نشاسته محاسبه گردید. برای بدست آوردن وزن رسوب داخل فالكون، در ابتدا پس از جدا کردن سوپر نانت فالكون را وزن کرده و از وزن اولیه آن کم کرده تا میزان رسوب حاصله بدست آید. این آزمون برای هر تیمار سه بار تکرار شد [۶].

۲-۲-۲- آزمون کدورت برای انجام این آزمون سوسپانسیون ۱٪ نشاسته خام (بعنوان شاهد) و سوسپانسیون ۱٪ نشاسته تیمار شده تهیه شد. در همین راستا سوسپانسیون ۱٪ نشاسته خام گندم (شاهد) و نشاسته تیمار شده تهیه شده و به مدت ۱ ساعت در بن ماری با حرارت ۹۰ درجه همراه با هم زدن مداوم قرار گرفت. نمونه های شاهد و تیمار شده تا رسیدن به دمای اتاق خنک

یکی از مهم ترین و پر مصرف ترین غلات در ایران و بسیاری از نقاط دنیا محسوب می شود، بنابراین در این تحقیق امکان اصلاح ویژگی های فیزیکی و شیمیایی نشاسته گندم به کمک تیمار فراصوت در توانهای مختلف ۴۰۰ وات و ۲۰۰ وات توسط پروب فراصوت و حمام فراصوت مورد بررسی قرار گرفته است. پارامتر های مختلف نظیر میزان حلالیت و قدرت تورم نشاسته، میزان جذب روغن، میزان کدورت نشاسته از فاکتورهای مورد بررسی بوده اند.

۲- مواد و روش کار

۲-۱- آماده سازی نمونه ها

در ابتدا برای ماده کردن کردن نمونه های دوغاب نشاسته ۱۰ گرم نشاسته گندم خالص را در ۱۰۰ سی سی آب مقطر حل کرده سپس به مدت ۱۵ دقیقه روی همزن مغناطیسی (IKA-RCT Basic, Germany)، با دور rpm ۱۵۰۰ قرار داده شد. (زمان و میزان دورهمزن برای درست کردن تمام نمونه ها یکسان می باشد)، سپس ۶ نمونه محلول سوسپانسیون ۱۰٪ نشاسته را برطبق روش شرح داده شده در بالا تهیه کرده و ۱ نمونه محلول سوسپانسیون نشاسته نیز با همان روش توضیح داده شده در بالا به عنوان شاهد تهیه شد، سپس نمونه ها تحت تیماردهی با امواج فراصوت قرار گرفتند.

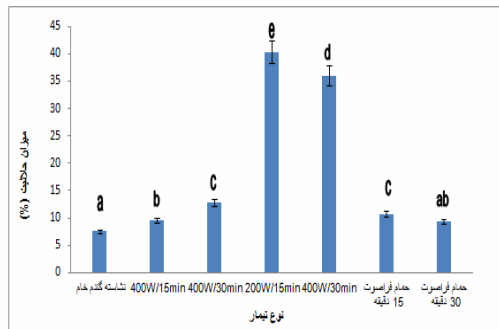
۲-۱-۱- تیماردهی نمونه ها با پروب فراصوت ۲۰۰ وات

از دو نمونه محلول سوسپانسیون نشاسته ۱۰٪ یک نمونه به مدت ۱۵ دقیقه و دیگری به مدت ۳۰ دقیقه بدون وقفه تحت امواج فراصوت توسط پروب فراصوت با توان ۲۰۰ وات و فرکانس ۲۴ کیلوهرتز و دامنه نوسان ۱۰۰٪ (Heilscher, Germany) قرار داده شد.

۲-۱-۲- تیمار دهی نمونه ها با پروب فراصوت ۴۰۰ وات

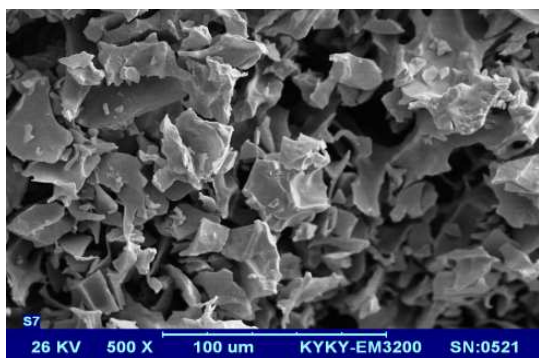
دو نمونه دیگر از محلول سوسپانسیون نشاسته ۱۰٪ یکی به مدت ۱۵ دقیقه و دیگری به مدت ۳۰ دقیقه و با انجام وقفه به مدت ۱ دقیقه به ازای هر ۵ دقیقه در داخل دستگاه پروب فراصوت با توان ۴۰۰ وات (Heilscher, Germany)، فرکانس ۲۴ کیلو هرتز و دامنه نوسان ۱۰۰٪ قرارداد شده.

همانطور که انتظار می رفت و در نمودار ۱ مشاهده می شود مربوط به نمونه شاهد و بیش ترین میزان حلالیت به ترتیب مربوط به نمونه های تیمار شده با پروب فراصوت ۲۰۰ وات به مدت ۱۵ و ۳۰ دقیقه بود. به دلیل این که در طی این فرآیند در اثر گرمای حاصل از تیمار فراصوت نمونه ها به شدت گرم شده بودند و تیمار دهی در زمان مورد نظر به مدت ۱۵ و ۳۰ دقیقه بدون هیچ توقفی انجام شد که انتظار بر ژلاتینه شدن کامل نمونه ها می رفت.



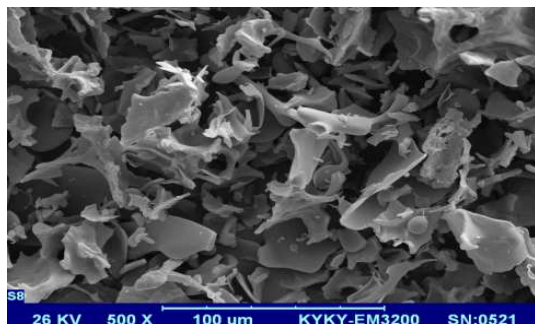
نمودار ۱ نتایج مربوط به آزمون حلالیت نمونه ها

تصاویر میکروسکوپ الکترونی مربوط به این دو نمونه نیز مؤید این مطلب است و تجزیه گرانول های نشاسته مربوط به این دو تیمار شکل های ۱ و ۲ به وضوح قابل مشاهده است.



شکل ۱ نمایش تصویر میکروسکوپ الکترونی پودر نشاسته تیمارشده

با اولتراسوند پروب دار ۲۰۰ وات ۱۵ دقیقه



شکل ۲ نمایش تصویر میکروسکوپ الکترونی پودر نشاسته تیمارشده

با اولتراسوند پروب دار ۲۰۰ وات ۳۰ دقیقه

شدند. جذب نمونه های نشاسته در طول موج ۶۴۰ نانومتر با استفاده از طیف سنج (UV-Vis) (Reyleigh,China,UV-1800) انجام شد. این آزمون نیز در سه تکرار انجام گرفت [۷].

۲-۲-۳- آزمون میزان جذب روغن

جهت انجام این آزمون ابتدا ۱ گرم نشاسته گندم تیمارشده داخل تیوب سانتریفوژ با وزن از قبل تعیین شده ریخته شد. سپس ۱۰ میلی لیتر روغن کلزا به آن افزوده و به مدت ۱ دقیقه بادور ۱۰۰۰ rpm هموزن شد. نمونه هموزن شده مدت ۵ دقیقه در گوشه ایی قرار گرفته و مجدداً هموزن شد پس از این مرحله نمونه ۱۵ دقیقه در دور ۱۵۰۰rpm سانتریفوژ و روغن آن دور ریخته شد، سپس فالدون سانتریفوژ همراه با رسوب نشاسته توزین شد. این آزمون نیز برای تمام نمونه ها در سه تکرار انجام گرفت [۸].

۲-۲-۴- آزمون میکروسکوپ الکترونی رویشی

در این آزمون نمونه های نشاسته شاهد و تیمار شده را روی پایه ای قرار می دهند که این سطوح باید دارای هدایت الکتریکی باشند و در غیر اینصورت الکترونی که به سطح نمونه تابیده می شود دفع نمی گردد و روی سطح باقی می ماند، سپس با نشان دادن لایه نازکی از طلا یا کربن سطح نمونه های غیرهادی هدایت الکترونی پیدامی کند و الکترونها ی سطحی دفع می شوند. بنابراین گرانول های تیمار شده و خشک نشاسته ابتدا طلا نشانی شده و سپس ریز ساختار آن ها در ۳۰ کیلو ولت مورد بررسی قرار گرفت [۶].

۳- روش انجام آزمون های آماری

در این مطالعه آزمون آماری برپایه طرح کاملاً تصادفی و با استفاده از نرم افزار آماری SPSS21 انجام شد. به منظور تجزیه و تحلیل آماری از روش تجزیه واریانس یک طرفه در سطح معنی داری ۰.۰۵ ($\alpha < 0/05$) استفاده شده و مقیاس میانگین ها به کمک آزمون دانکن انجام شد. برای ترسیم نمودارها از نرم افزار Excell2007 استفاده شد.

۴- بحث و نتیجه گیری

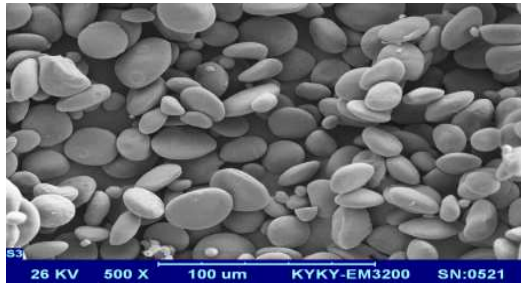
۴-۱- آزمون میزان حلالیت

همانطور که در جدول ۱ مشاهده می شود تاثیر امواج فرا صوت بر میزان حلالیت معنی دار است. کمترین میزان حلالیت

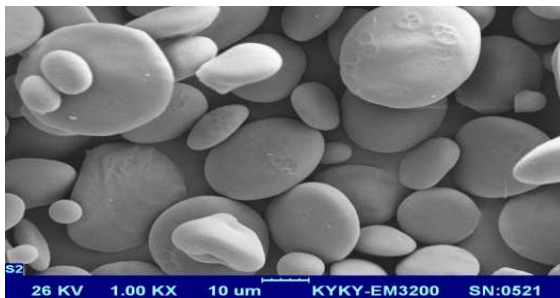
جدول ۱ تجزیه واریانس یکطرفه آزمون حلالیت نمونه ها

ANOVA					
solubility	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3475.486	6	579.248	821.456	.000
Within Groups	9.872	14	.705		
Total	3485.358	20			

مطلب است. محققان دلیل تأثیر امواج فراصوت برافزایش میزان حلالیت را شکسته شدن گرانول های نشاسته می دانند که دلیل شکسته شدن گرانول وقوع پدیده ی حفرگی و شکسته شدن ساختار مولکولی کریستالی در اثر قطع شدن باندهای کوالانت می باشد. بنابراین مولکول های آب می توانند به میزان بیش تری در گروه های هیدروکسیل آزاد آمیلوز و آمیلو پکتین توسط پیوند های هیدروژنی متصل شوند.



شکل ۳ نمایش تصویر میکروسکوپ الکترونی پودر نشاسته تیمار شده با اولتراسوند پروب دار ۴۰۰ وات ۱۵ دقیقه



شکل ۴ نمایش تصویر میکروسکوپ الکترونی پودر نشاسته تیمار شده با اولتراسوند پروب دار ۴۰۰ وات ۳۰ دقیقه

۴-۲-۴- آزمون قدرت تورم

در بررسی آزمون قدرت تورم نشاسته خام و تیمار شده با امواج فراصوت همانطور که در جدول ۲ نیز مشاهده می شود تأثیر امواج فراصوت بر میزان قدرت تورم نشاسته گندم تیمار شده معنی دار است و نیز در نمودار ۲ نشان داده شده است که بالاترین قدرت تورم مربوط به نمونه نشاسته خام می باشد.

اما دلیل کم بودن میزان حلالیت نمونه تیمار شده با پروب فراصوت ۲۰۰ وات به مدت ۳۰ دقیقه نسبت به نمونه تیمار شده با همین پروب به مدت ۱۵ دقیقه را می توان به ژلاتینه شدن شدید نمونه در این مدت و افزایش شدید ویسکوزیته نسبت داد. به طوری که پروب فراصوت در مدت زمان تیمار ۳۰ دقیقه به علت ویسکوزیته شدید نمونه قادر به تأثیرگذاری بیش تر و شکستن بیش تر ساختار گرانول نشاسته نبوده و به عبارتی دیگر تیمار دهی در ۳۰ دقیقه با قدرت ۲۰۰ وات به دلیل ویسکوزیته بالای نمونه یکنواخت نبوده که نتیجه آن کاهش حدود ۵٪ میزان حلالیت در نمونه تیمار شده با پروب ۲۰۰ وات به مدت ۳۰ دقیقه نسبت به همین تیمار به مدت ۱۵ دقیقه می باشد. نتایج سایر محققین نیز مؤید تأثیر ژلاتیناسیون بر افزایش میزان حلالیت نمونه های تیمار شده با امواج فراصوت می باشد. چنانکه نتایج تحقیقات Ida و همکاران در سال ۲۰۰۸ روی تأثیر امواج فراصوت بر نمونه های ژلاتینه شده ی نشاسته نشانگر افزایش میزان حلالیت نمونه های ژلاتینه شده و تیمار شده با امواج فراصوت نسبت به نمونه های ژلاتینه شده می باشد [۹].

بررسی میزان حلالیت سایر نمونه ها نسبت به نمونه شاهد نیز مؤید بر میزان افزایش حلالیت در نمونه های تیمار شده با امواج فراصوت می باشد. به طور مثال بررسی میزان حلالیت نمونه های تیمار شده با پروب ۴۰۰ وات به میزان ۳۰ دقیقه بیش از این میزان برای نمونه های تیمار شده با پروب ۴۰۰ وات به مدت ۱۵ دقیقه می باشد در این دو نوع تیمار به علت دادن استراحت ۱ دقیقه ای بین مدت زمان انجام تیمار طبیعتاً میزان ژلاتیناسیون به اندازه ی ژلاتیناسیون نمونه های تیمار شده با پروب ۲۰۰ وات به مدت ۱۵ و ۳۰ دقیقه نمی باشد و این اثر در کم تر بودن میزان حلالیت این نمونه ها نسبت به نمونه های تیمار شده با پروب ۲۰۰ وات که بدون وقفه انجام شد به وضوح قابل مشاهده است. تصاویر میکروسکوپ الکترونی مربوط به این دو تیمار شکل های ۳ و ۴ نیز مؤید این

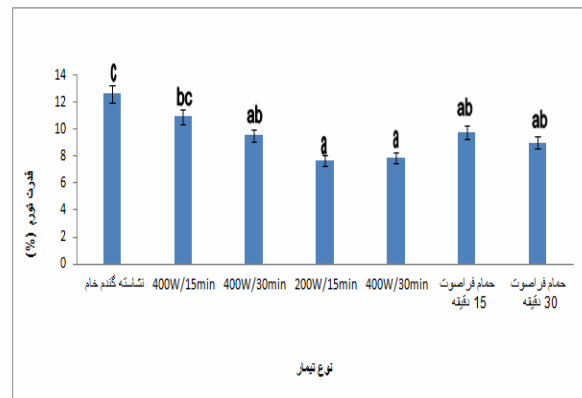
جدول ۲ تجزیه واریانس یکطرفه آزمون قدرت تورم نمونه ها

ANOVA					
swellingp					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	53.834	6	8.972	5.690	.004
Within Groups	22.075	14	1.577		
Total	75.909	20			

مشهود است. گرانول های نشاسته کاملاً دچار تغییر ساختار شده و گرانول ها شکستند، بنابراین انتظار می رود به دلیل تجزیه زیاد گرانول و تغییر ساختار آن بواسطه ژلاتیناسیون و کاویتاسیون قدرت حلالیت افزایش و قدرت تورم نشاسته تیمار شده کاهش یابد که نمودار ۲ مؤید این مطلب است. در بررسی میزان قدرت تورم نمونه های تیمار شده با حمام فراصوت به مدت ۱۵ و ۳۰ دقیقه همانطور که تفاوت معنی داری در میزان حلالیت این دو نمونه در نمودار ۱ مشاهده نمی شود. در میزان قدرت تورم آنها نیز تفاوت معنی داری ملاحظه نمی گردد. Morita و Hung در سال ۲۰۰۵ در بررسی ویژگی های نشاسته های اصلاح شده حاصل از دو نوع گرانول نشاسته گندم A و B از جمله بررسی میزان قدرت تورم آنها به این نتیجه رسیدند که افزایش حلالیت نشاسته های اصلاح شده دردمای بالای ۷۰ درجه سانتی گراد سبب کاهش میزان قدرت تورم آنها می گردد [۱۰].

۴-۳-آزمون کدورت

شفافیت خمیرهای نشاسته فاکتور بسیار مهمی در بسیاری از کاربردهای غذایی نظیر استفاده از این ترکیبات در فرمول ژله ها و مغذی های میوه ایی است. بنابراین بررسی میزان شفافیت انواع نشاسته های تولید شده در صنعت نشاسته از اهمیت بسیاری برخوردار است. در این تحقیق آزمون کدورت نمونه های خام تیمار شده با امواج فراصوت پس از ژلاتیناسیون مجدد توسط حرارت مورد بررسی قرار گرفت، که دلیل آن احتمال حرارت دهی این نوع نشاسته ها در فرآیند تولید محصولات غذایی است. همانطور که در جدول ۳ مشاهده می شود تاثیر امواج فراصوت بر میزان کدورت معنی دار است. چنانکه در نمودار ۳ نیز مشاهده می شود، کمترین میزان کدورت و یا به عبارتی بیش ترین میزان شفافیت مربوط به نمونه نشاسته خام و نشاسته تیمار شده با پروب فراصوت ۲۰۰ وات به مدت ۱۵ دقیقه می باشد. سایر نمونه ها کدورتی بیش از نمونه نشاسته خام نشان می دهند.



نمودار ۲ نتایج مربوط به آزمون قدرت تورم نشاسته گندم نمونه ها

با اعمال تیمار فراصوت در اثر پدیده ی کاویتاسیون و شکستن نسبی گرانول های نشاسته میزان نفوذ آب به داخل گرانول بیش تر شده و احتمال ایجاد پیوند هیدروژنی بین آب و گروه های هیدروکسیل مولکول های آمیلوز و آمیلوپکتین افزایش می یابد که نتیجه آن چنانکه در تفسیر آزمون حلالیت نیز بیان شد افزایش نسبی میزان حلالیت در نمونه های تیمار شده نسبت به نمونه شاهد می باشد. بررسی میزان قدرت تورم نمونه های نشاسته تیمار شده و شاهد بیانگر رابطه معکوس بین میزان حلالیت و قدرت تورم نشاسته می باشد، به طوری که میزان قدرت تورم نمونه شاهد که حاوی گرانول های سالم نشاسته می باشد بسیار بیش تر از میزان حلالیت این گرانول ها در آب است که دلیل آن عدم دسترسی آسان مولکول های آب برای ایجاد پیوند هیدروژنی با گروه های هیدروکسیل آزاد آمیلوز و آمیلوپکتین است. اما در نمونه های تیمارشده با پروب فراصوت ۴۰۰ وات به مدت ۱۵ و ۳۰ دقیقه به ترتیب روند نزولی میزان قدرت تورم نشاسته که البته از نظر آماری معنا دار نیست ($P > 0.05$) مشاهده می گردد. همچنین در مقایسه قدرت تورم نمونه های تیمار شده با پروب اولتراسوند ۲۰۰ وات به مدت ۱۵ و ۳۰ دقیقه به دلیل انجام بی وقفه تیمار و ایجاد حرارت و ژلاتینه شدن نمونه ها، نمونه های نشاسته گندم چنانکه در تصاویر میکروسکوپ الکترونی نیز به خوبی

جدول ۳ تجزیه واریانس یکطرفه آزمون کدورت ها

ANOVA					
turbidity					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.173	6	.029	8.197	.001
Within Groups	.049	14	.004		
Total	.222	20			

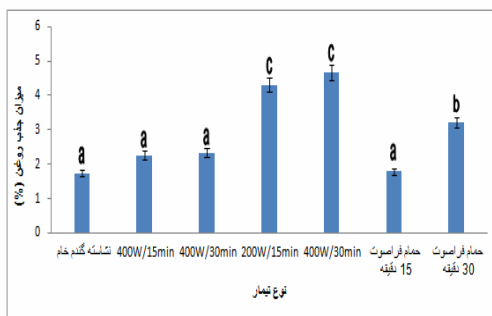
جدول ۴ تجزیه واریانس یکطرفه آزمون جذب روغن

ANOVA					
oilabs					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	25.605	6	4.267	21.925	.000
Within Groups	2.725	14	.195		
Total	28.330	20			

بررسی ویژگی های نشاسته های اصلاح شده به روش هیدروکسی پروپیلاسیون نشان دادند که گرانول هایی با میزان درجه تورم کمتر کدورت کمتری نیز دارند [۱۰].

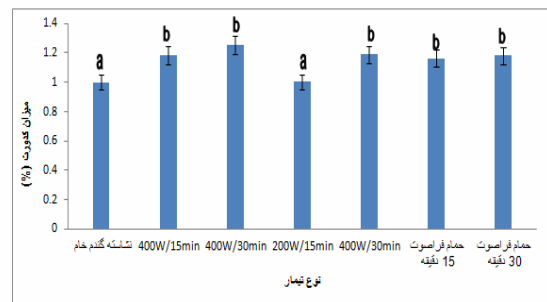
۴-۴- آزمون جذب روغن

همانطور که در جدول ۴ مشاهده می شود تاثیر امواج فراصوت بر میزان جذب روغن معنی دار است. چنانکه در نمودار ۴ نیز مشاهده می گردد با اعمال تیمار فراصوت میزان جذب روغن نسبت به نمونه نشاسته خام افزایش یافت. بیش ترین میزان جذب روغن مربوط به نشاسته خام بود.



نمودار ۴ نتایج آزمون میزان جذب روغن نمونه ها

بیش ترین میزان افزایش جذب روغن مربوط به نمونه های تیمار شده با پروب فراصوت در ۲۰۰ وات به ترتیب در مدت زمان های ۱۵ و ۳۰ دقیقه بود. *Jamrose* و *Sujka* در سال ۲۰۱۳ در بررسی ویژگی های نشاسته های تیمار شده با امواج فراصوت در فراکانس 20 KHZ در توان ۱۷۰ وات نشان دادند که میزان جذب روغن در نشاسته های گندم تیمار شده با امواج



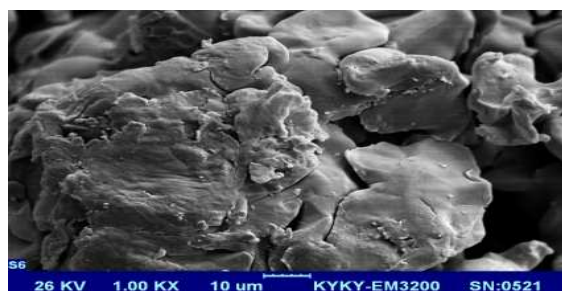
نمودار ۳ نتایج مربوط به آزمون کدورت نمونه ها

بر اساس نظر *chang* و همکاران در سال ۲۰۰۲ شفافیت خمیرهای نشاسته تیمار شده با امواج فراصوت در اثر تجزیه گرانول های متورم شده افزایش می یابد. در نمونه تیمار شده با پروب فراصوت ۲۰۰ وات به مدت ۱۵ دقیقه نیز چنانکه در تصاویر میکروسکوپ الکترونی این نمونه نیز مشاهده می شود، در شکل ۱ تجزیه گرانول های نشاسته به وضوح مشاهده می گردد. بنابراین تجزیه گرانول منجر به کاهش میزان کدورت و افزایش میزان شفافیت در نمونه ها می گردد [۱۱]. در تحقیقاتی که توسط *Sujka* و *Jamrose* در سال ۲۰۱۳ روی تأثیر امواج فراصوت روی انواع نشاسته های گندم و برنج حل شده در اتانول انجام شد، اتانول سبب کاهش اندک شفافیت خمیرهای نشاسته مذکور شد اما تأثیری روی میزان شفافیت خمیر نشاسته های ذرت و سیب زمینی نداشت. اعمال تیمار فراصوت روی نشاسته های حل شده در آب تأثیر معناداری بر شفافیت خمیر نشاسته سیب زمینی گذاشت و آن را افزایش داد ولی روی سایر نمونه های نشاسته بدون اثر بود [۱۱]. همچنین *Hung* و *Morita* در سال ۲۰۰۵ در تحقیق خود بر روی

شده در شکل ۶ در حمام فراصوت به مدت ۱۵ دقیقه حفظ ساختار گرانولی ولیکن همراه با ایجاد ترک های ریز و گودی و شکست مختصر را نشان می دهد. در حالی که تصاویر حاصل از نمونه های تیمارشده در شکل ۷ در حمام اولتراسوند به مدت ۳۰ دقیقه متلاشی شدن ساختار گرانول را نشان می دهد.

۵- نتیجه گیری کلی

با توجه به نتایج بدست آمده از انجام آزمون های مذکور بیشترین میزان حلالیت و کمترین میزان قدرت تورم مربوطه به نمونه های تیمارشده با پروب فراصوت ۲۰۰ وات بوده است همچنین شفاف ترین نمونه، نمونه تیمارشده با پروب فراصوت ۲۰۰ وات به مدت ۱۵ دقیقه بود که از نظر میزان شفافیت تفاوت معنی داری با میزان شفافیت نمونه ی کنترل نداشت.



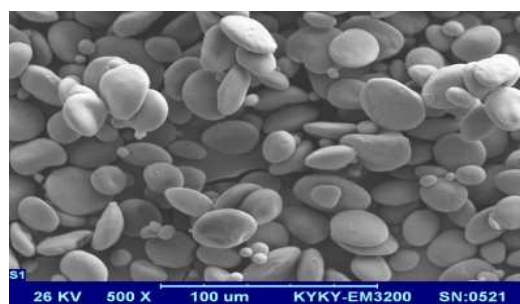
شکل ۷ نمایش تصویر میکروسکوپ الکترونی پودر نشاسته تیمارشده با حمام اولتراسوند به مدت ۳۰ دقیقه

همچنین براساس نتایج حاصله بیشترین میزان جذب روغن نیز مربوط به نمونه های تیمارشده با پروب فراصوت ۲۰۰ وات به مدت ۱۵ و ۳۰ دقیقه بوده است. بررسی تصاویر مربوط به میکروسکوپ الکترونی نمونه ها نیز بیانگر متلاشی شدن کامل ساختار گرانول در نمونه های تیمارشده با پروب فراصوت ۲۰۰ وات به مدت ۱۵ و ۳۰ دقیقه می باشد. در حالی که سایر نمونه های تیمارشده فقط به مقدار مختصری دچار گودی یا ترک شده بودند. با توجه به کاربرد های وسیع نشاسته های اصلاح شده در صنایع گوناگون و به ویژه در صنعت غذا ویژگی های حاصل از هرنوع تیمارش برای کاربرد خاصی قابل استفاده است به طور مثال بدیهی است در کاربرد هایی که نیاز به ایجاد یک ژل بسیار ویسکوز توسط نشاسته می باشد استفاده از تیمارش مثل تیمارش با پروب ۲۰۰ وات فراصوت که سبب ژلاتیناسیون و تغییر ریز ساختار گرانول نشاسته می شود، بسیار مفید می باشد. همچنین در سیستم های همگن غذایی که نیاز به

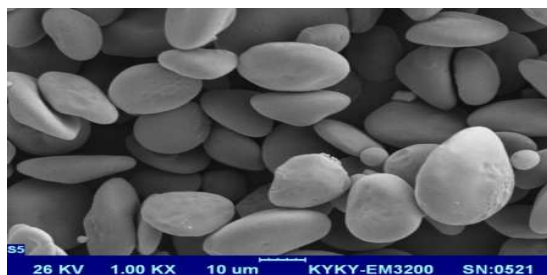
فراصوت در حدود ۶۰٪ بیش تر از نشاسته خام تیمارش شده بود [۸] که این نتایج با نتایج تحقیقات حاضر همسو می باشد.

۴-۵- تفسیر آزمون میکروسکوپ الکترونی

با توجه به این که آزمون میکروسکوپ الکترونی روشی بسیار مناسب برای مشاهده ی ریز ساختار ترکیبات گوناگون می باشد و کمکی برای درک بهتر نتایج حاصل از پژوهش ها است، در این تحقیق نیز تصاویر حاصل از میکروسکوپ الکترونی نمونه های تیمارشده اجزایی بسیار ارزشمند برای تفسیر نتایج سایر آزمون ها بودند. در بررسی تصاویر میکروسکوپ الکترونی KYKY,China,EM- 3200 نشاسته خام و تیمارش شده همانطور که در شکل های ۵ و ۳ و ۴ نیز مشاهده می گردد. ساختار گرانولی و بیضوی نشاسته خام به وضوح قابل مشاهده است.



شکل ۵ نمایش تصویر میکروسکوپ الکترونی پودر نشاسته گندم خالص



شکل ۶ نمایش تصویر میکروسکوپ الکترونی پودر نشاسته تیمارشده با حمام اولتراسوند به مدت ۱۵ دقیقه

در تصاویر نمونه های تیمارشده با پروب فراصوت ۴۰۰ وات فقط گودی و ترکهای ریزی روی سطح گرانول ها مشاهده می گردد. نمونه های تیمارشده با پروب فراصوت ۲۰۰ وات به مدت ۱۵ دقیقه و ۳۰ دقیقه با توجه به اینکه در این فرآیند تیمارش دهی به صورت بی وقفه بوده و در حین تیماردهی مقداری گرما نیز ایجاد شده است متلاشی شدن کامل ساختار گرانول ملاحظه می گردد که اثرات آن در نتایج سایر ویژگی های مورد بررسی چنانکه پیش تر نیز توضیح داده شد به وضوح قابل مشاهده است. تصاویر حاصل از نمونه های تیمارش

- [7] Ambark, A., H., Herceg, Z., Subaric, D., Babic, J., Bernic, M., Rimacnic, S., Bosiljkov, T., Cvek, D., Tripalo and B., Gelo, J. (2010). Ultrasound Effect on Physical Properties of Corn Starch. *Carbohydrate Polymers*, (79), 91-100.
- [8] Sujka, M. and Jamroz, J. (2013). Ultrasound Treated Starch :SEM and TEM imaging and Functional behavior. *Food Hydrocolloids*, (31), 413-412.
- [9] Iida, Y., Tuziut, T., Yasui, K., Towata and A., Kozuka, T. (2008). Control of Viscosity in Starch and Polysaccharide Solutions with Ultrasound after Gelatinization. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, (9), 140-146.
- [10] VanHung, P. and Morita, N. (2005). Physicochemical Properties of Hydroxypropylated and Cross-linked Starch from A-type and B-type Wheat Starch Granules. *Carbohydrate Polymers*, (59), 239-246.
- [11] Chung, K. M., Moon, T. W., Kim, H., Chun, J. K. (2002). Physicochemical Properties of Sonicated Mung Bean, Potato, Rice Starch. *Cereal Chemistry*, (79), 631-633.
- [12] Biskup, R. C., Rokita, B., Lotfy, S., Ulansky, P. and Rcsiak, J. M. (2005). Degradation of Chitosan and Starch by 360-KHZ Ultrasound. *Carbohydrate Polymers*, (60), 175-184.

حلالیت بالای نشاسته وجود دارد استفاده از انواع نشاسته های تیمارشده که حلالیت بالایی دارند مثرثمر خواهد بود.

۶- منابع

- [1] Abbas, K. A. K. Khalil, S. and MeorHussin, A.S. (2010). Modified Starches and Their Usages in Selected Food Products: A Review Study. *Journal of Agricultural Science*, (2), 2.
- [2] Bertolini, A. C. (2010). *Starches*. New York. CRC Press. P.33-36.
- [3] BeMiller, J. and Whistler, R. (2009). *Starch Chemistry and Technology*. New York. Elsevier. P.461-464.
- [4] Mason, T. J. (1998). Power ultrasound in food processing—The way forward. In M. J. W. Povey & T. J. Mason (Eds.), *Ultrasound in food processing* (pp. 105–126). London, UK: Thomson Science.
- [5] Seguchi, M. and Higasa, T., Mori, T. (1994). Study of Wheat Starch Structure by Sonication Treatment. *Cereal Chemistry*, (71), 636-639.
- [6] Manchun, S., Nunthanid, J., Limmatvapirat, S. and Sriamornsak, P. (2012). Effect of Ultrasonic Treatment on Physical Properties of Tapioca Starch. *Advanced Material Research*, (506), 224-297.

Investigation on the Physicochemical Properties of Ultrasound Treated Wheat Starch

Jamalabadi, M.¹, Saremnezhad, S.^{2*}

1. MSc Graduate in Food Science & Technology, Faculty of Novel Science and Technologies, Pharmaceutical Branch, Islamic Azad University.
2. Assistant Prof in Food Science & Technology, Faculty of Novel Science and Technologies, Pharmaceutical Branch, Islamic Azad University.

(Received: 93/4/8 Accepted: 93/5/25)

The use of Ultrasound in food industry is the main issue in research and development. Regarding to the wide application of modified starches in food industry and their associated hazards, the aim of this study was to investigate the possibility of modifying physicochemical properties of wheat starch by ultrasound treatment, so 6 samples of 10% wheat starch suspension was prepared and treated by 200 and 400 W ultrasound probe and also ultrasound bath for 15 and 30 minutes. Solubility, Swelling power, Oil absorption, Turbidity and SEM tests was performed to assess the physicochemical changes of ultrasound treated starches. According to the obtained results, the highest solubility and oil absorption and the lowest swelling power was related to the samples treated by 200W ultrasound probe. . This sample also showed the most transparency after 15 min treatment and did not have any significant difference with control sample. Scanning electron microscopy images of samples also showed complete disintegration of the granular structure of the samples treated by 200 w ultrasound probe for 15 and 30 minutes while the structure of other samples were changed a little.

Key words: Wheat starch, Ultrasound treatments, Physicochemical properties.

* Corresponding Author E-Mail Address: solmazsaremi@yahoo.com