

## تأثیر امواج فراصوت بر بعضی خواص نشاسته سیبزمینی و گندم

مهدی کریمی، هاشم پور آذرنگ، علی مرتضوی و مهدی نصیری\*

\* عضو هیئت علمی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان، نشانی: مشهد، مجتمع کشاورزی طرق،

ص. پ. ۴۸۸-۹۱۲۷۵، تلفن: ۳۸۲۲۳۷۳ (۰۵۱۱)، پیام نگار: mahdikarimi753@yahoo.com؛ استادان: و دانشیار دانشگاه فردوسی مشهد.

تاریخ دریافت مقاله: ۸۶/۲/۴؛ تاریخ پذیرش: ۸۶/۸/۳

### چکیده

نشاسته، پلیمر ارزان و طبیعی با کاربری فراوان است. نشاسته طبیعی مشکلاتی به وجود می‌آورد که استفاده وسیع از آن را در صنایع محدود می‌کند. می‌توان نشاسته را در جهت کاربرد مورد نظر صنعت اصلاح کرد. امروزه توجه ویژه به اصلاح فیزیکی نشاسته برای کاربردهای غذایی وجود دارد زیرا نشاسته اصلاح شده فیزیکی ایمن است. امواج فراصوت می‌تواند فرایند موثری برای اصلاح نشاسته باشد. در این تحقیق، نشاسته گندم و سیبزمینی در شرایط مختلف (شدت، مدت زمان، و دما) تحت تأثیر امواج فراصوت قرار گرفت و خواص فیزیکی نشاسته بررسی شد. امواج فراصوت باعث کاهش ویسکوزیته حداکثر به میزان ۲۱ و ۱۳ درصد و افزایش پایداری ویسکوزیته داغ و سرد در نشاسته گندم و سیبزمینی شد. همچنین امواج فراصوت باعث افزایش دمای خمیری شدن نشاسته گندم و سیبزمینی به میزان ۱۰ و ۶ درجه سانتی‌گراد شد؛ خمیر تولید شده شفاف‌تر و ویسکوزیته آن کمتر بود. بررسی نحوه تأثیر امواج فراصوت بر نشاسته سیبزمینی نشان داد که الگوی تأثیر بر نشاسته سیبزمینی گندم یکی است اما عامل دما و شدت صوت مهم‌تر است و بیشتر تغییرات بالای درجه حرارت ژلاتیناسیون و بر اثر انهدام گرانول‌ها اتفاق می‌افتد. بررسی مشخص کرد که روند تغییرات ایجاد شده در خصوصیات نشاسته در اثر اعمال امواج فراصوت تقریباً یکسان است و عواملی که بیش از همه بر میزان تغییرات موثرند، شدت امواج و دماست. طولانی کردن مدت زمان تأثیر صوت بیش از ۱۰ دقیقه تقریباً بی‌اثر بود. امواج فراصوت قوی می‌توانند برای تهیه نشاسته اصلاح شده فیزیکی که به ویسکوزیته کم و شفافیت بالا نیاز دارد به کار رود و در واقع کمکی برای تولید نشاسته اصلاح شده فیزیکی رقیق در حالت جوش باشد که امروزه اغلب با روش‌های شیمیایی نظیر تیمار با اسید یا اکسیداسیون تولید می‌شوند.

### واژه‌های کلیدی

اصلاح خصوصیات، امواج فراصوت، نشاسته سیبزمینی، نشاسته گندم

### مقدمه

ماده اولیه اصلی یا به عنوان افزودنی برای بهینه‌ساختن کارایی و کیفیت محصول یا ماندگاری آن به کار رود. نشاسته‌های اصلاح شده در صنایع غذایی نقشی مهم دارند که در نشاسته طبیعی موجود نیست. طبق بررسی سازمان‌های ناظر مشخص شده است که تمام نشاسته‌های اصلاح شده غذایی ایمن هستند و ممکن است بدون هر محدودیتی مصرف شوند (Jobling, 2004). معمولاً برای اصلاح نشاسته از روش‌های شیمیایی استفاده می‌شود، اما نشاسته را می‌توان با

نشاسته نقشی مهم در تغذیه بشر دارد و یکی از اجزاء اصلی تشکیل دهنده آرد است. رفتار نشاسته گندم بسیار مورد توجه صنعت پخت و شیرینی است. نشاسته هنگامی که به غذا افزوده شود روی بافت و قوام آن تأثیر می‌گذارد. به دلیل رفتار غیرمناسب نشاسته طبیعی در موارد دلخواه، اصلاح آن می‌تواند راهی موثر برای تولید فراورده‌های نشاسته مطابق با خصوصیات مورد تقاضا در مصارف خاص باشد. نشاسته یا مشتقات آن می‌تواند در غذا به عنوان

تیمار کردن نشاسته به کار رود. چانگ و همکاران (Chung *et al.*, 2002) اثر امواج فراصوت را بر خصوصیات نشاسته ماش، سیبزمینی، و برنج گزارش و اعلام کردند که صوت‌دهی هم ویسکوزیته ظاهری و هم ویسکوزیته ذاتی نشاسته را کاهش می‌دهد. آنها همچنین می‌گویند در روش‌های دیگر تولید نشاسته‌های رقیق در حال جوش، نظیر روش اسیدی یا اکسید کردن، انهدام پیوندهای گلیکوزیدی منجر به کاهش ویسکوزیته می‌شود. با وجود این در تیمارهای آنها امواج فراصوت پیوندهای گلیکوزیدی را منهدم نکرده ولی باعث کاهش ویسکوزیته شده است. هیچ یک از تیمارهای آزمایش شده تغییر قابل توجهی در متوسط درجه پلیمریزاسیون ایجاد نکرد. در حالی که جکسون و همکاران (Jackson *et al.*, 1988) گزارش کردند اعمال صوت اضافی ظاهراً آمیلوپکتین را دپلمریزه می‌کند. غلظت نشاسته‌ای که آنها برای تیمار خود انتخاب کردند دلیل اختلاف نتایج است. آنها نشاسته‌هایی را در غلظت نسبتاً پایین‌تر صوت‌دهی کردند (۱ درصد) در حالی که غلظت نشاسته در آزمایش‌های چانگ بالاتر بود (۵ درصد). چانگ می‌گوید که صوت به‌جای شکست پیوندهای گلیکوزیدی باعث پاره کردن گرانول‌های نشاسته متورم می‌شود. در آزمایش‌های چانگ با اعمال صوت، شفافیت خمیر نشاسته افزایش یافته، این افزایش در نشاسته برنج مشخص‌تر است. شفافیت در نشاسته سیبزمینی به سختی تحت تأثیر قرار گرفته است، زیرا نشاسته سیبزمینی خود به‌خود شفاف هست. درصد افزایش شفافیت در اثر صوت در نشاسته ماش حد فاصل بین نشاسته برنج و سیبزمینی است. افزایش در شفافیت ظاهراً بر اثر انهدام گرانول‌های متورم طی صوت‌دهی رخ می‌دهد (Chung *et al.*, 2002).

استفاده از روش‌های فیزیکی، برای رفع برخی موانع فناوری اصلاح کرد. این روش‌ها شامل پیش ژلاتینه کردن نشاسته برای دستیابی به ویسکوزیته سریع در سیستم‌های غذایی فوری و متورم‌شدن نشاسته در آب سرد، تنظیم اندازه ذرات با روش‌های اصلاح فیزیکی که این عوامل باعث ایجاد تغییر در خصوصیات کاربردی نشاسته می‌شود (Rasper, 1988). تحقیقات نشان داده است که امواج فراصوت می‌تواند برای اصلاح خصوصیات نشاسته به کار گرفته شود. امواج فراصوت از طریق تبدیل انرژی الکتریکی به لرزش‌های مکانیکی باعث حرکت مولکول‌ها در محیط می‌شود. امواج با فرکانس بالا (۱۰ تا ۱۰ مگاهرتز) بهترین کاربرد را در تمیز کردن، تسریع اکسیداسیون، استخراج، امولسیون کردن، و کاربردهای شیمیایی دارد. امواج فراصوت باعث حباب‌زایی<sup>۱</sup> می‌شود و فعالیت حباب‌ها را تشدید می‌کند. حباب‌های ریز رشد می‌کنند، چند برابر اندازه اولیه می‌شوند، و سپس به سرعت چروکیده می‌شود. چنین وقایعی باعث تجمع انرژی صوتی می‌شود و بنابراین دماهای بالا و فشار زیادی در اطراف منطقه مورد عمل ایجاد می‌کنند (Mason, 1999). جکسون و همکاران (Jackson *et al.*, 1988; Jackson *et al.*, 1989) از امواج فراصوت جهت حل کردن گرانول‌های نشاسته ذرت و سورگوم (بعد از حرارت دادن به‌جای حل کردن در قلیا یا دی‌متیل سولفید) برای آنالیز ساختمان مولکولی استفاده کردند و گزارش دادند که لرزش ایجادشده بر اثر امواج فراصوت، گرانول متورم‌شده را منهدم می‌کند و به این ترتیب آمیلوز و آمیلوپکتین از گرانول‌ها خارج و موجب افزایش انحلال‌پذیری نشاسته در آب می‌شوند. افزایش انحلال‌پذیری نشاسته در آب بر این امر دلالت دارد که انرژی صوتی ممکن است سایر خصوصیات نشاسته را نیز تغییر دهد و بنابراین می‌تواند به عنوان روشی برای

تاثیر امواج فراصوت بر بعضی خواص نشاسته ...

موثر در صوت دادن بر این دو نشاسته تهیه شد که تاکنون در هیچ منبعی به آن اشاره نشده است.

### مواد و روش‌ها

نشاسته سیب‌زمینی از شرکت SISCO Research Laboratories PVT. LTD. Mumbai- India و نشاسته گندم از شرکت نشاسته گل یاس مشهد تهیه شد.

برای اعمال امواج فراصوت، از یک دستگاه تولیدکننده امواج فراصوت UP200H<sup>۱</sup> ساخت شرکت هلشر<sup>۲</sup> آلمان استفاده شد. این دستگاه نوسانات مکانیکی طولی با فرکانس ۲۴۰۰۰ سیکل در ثانیه (۲۴ کیلوهرتز) تولید می‌کند. سونوترو<sup>۳</sup> آن از جنس آلیاژ تیتانیوم و بزرگی نوسان<sup>۴</sup> به‌طور مداوم قابل تنظیم بود. علاوه بر این، امکان ایجاد پالس در دستگاه و قابلیت تنظیم قطع و وصل شدن، اعمال صوت را میسر می‌کند. با کوچک‌تر شدن نوک سونوترو<sup>۳</sup> قدرت صوتی ساطع شده کم‌تر اما بزرگی و دانسیته انرژی بیشتر می‌شود و بنابراین، قابلیت کویتناسیون افزایش می‌یابد. سونوترو<sup>۳</sup> مورد استفاده در این تحقیق مدل S3 انتخاب شد که حداکثر عمق قابل نفوذ آن ۹۰ میلی‌متر، قطر آن ۳ میلی‌متر و حداکثر بزرگی که ایجاد می‌کند ۲۱۰ میکرومتر و حداکثر دانسیته قدرت صوتی<sup>۵</sup> برابر ۴۶۰ وات بر سانتی‌متر مربع بود. برای اعمال امواج فراصوت از آزمایش فاکتوریل در قالب کاملاً تصادفی استفاده شد. در روش اعمال صوت در نشاسته طبیعی گندم، سه فاکتور در نظر گرفته شد: فاکتور اول شدت صوت<sup>۶</sup> اعمال شده شامل صفر (شاهد)، ۵۰، و ۷۰ درصد؛ فاکتور دوم دمای اعمال امواج فراصوت (۲۵، ۵۰، و ۷۰ درجه سانتی‌گراد)؛ و فاکتور سوم زمان اعمال امواج فراصوت (صفر، ۱۰، و ۲۰ دقیقه) بود. شاهد آزمایش در

زانگ و همکاران (Zhang *et al.*, 2003) سوسپانسیون ۱۰ درصد جامد نشاسته ذرت را به مدت ۳۰ دقیقه در pH های مختلف با امواج فراصوت قوی تیمار کردند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که اثر امواج فراصوت قوی بر نشاسته بسیار وابسته به pH است. نشاسته ذرت تیمار شده با امواج فراصوت قوی در مقایسه با نمونه‌های شاهد ویسکوزیته پیک کمتر و پایداری خمیری شدن بالاتری دارد. اعمال امواج فراصوت در شرایط اسیدی موجب تأخیر در رسیدن به پیک ویسکوزیته می‌شود. امواج فراصوت باعث کاهش آنالپی ژلاتیناسیون و افزایش دمای شروع ژلاتیناسیون می‌شود. ژل‌های نشاسته تیمار شده با امواج فراصوت، به جز نمونه‌های تیمار شده در pH برابر ۷، نسبت به نشاسته طبیعی سختی بیشتری دارد و همچنین امواج فراصوت باعث کاهش چسبندگی ژل‌های نشاسته می‌شود. در درجه سینرزیس ژل‌های نشاسته برای نشاسته‌های تیمار شده با امواج فراصوت در pH ۷ افزایش معنی‌دار مشاهده می‌شود اما تفاوت تغییرات سینرزیس در شرایط قلیایی و اسیدی اندک است. امواج فراصوت به طرز معنی‌داری قابلیت هضم نشاسته‌ها را افزایش می‌دهد.

هدف این تحقیق بررسی اثر امواج فراصوت در شدت، درجه حرارت، و مدت زمان‌های متفاوت اعمال صوت بر خواص دو نوع نشاسته است که از نظر الگوی افتراق اشعه X با یکدیگر متفاوت‌اند (نشاسته گندم و سیب‌زمینی)؛ به علاوه نحوه تأثیر امواج بر آنها نیز بررسی شد. منبع اصلی تولید نشاسته در ایران گندم است و نتایج تحقیقات محدود در سایر کشورها مربوط به اثر صوت بر سیب‌زمینی و ذرت است. در این تحقیق علاوه بر مقایسه بین اثر صوت بر نشاسته سیب‌زمینی و گندم مدل تأثیر همزمان عوامل

1- Ultrasonic Processor  
4- Oscillation Amplitude

2- Hielscher  
5- Sonic Power Density

3- Sonotrode  
6- Amplitude

مورد نظر و زمان‌های لازم در دماهای تعریف‌شده در تحقیق، نمونه‌نشاسته روی پتری‌ها پخش و در هوای اتاق قرار داده شد. ظروف پس از تبخیر آب در آن قرار داده و در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۲ ساعت خشک شدند. به این ترتیب نمونه‌های تیمار شده آماده اجرای آزمایش شدند.

### خصوصیات رئولوژیکی

خواص رئولوژیکی نشاسته با آمیلوگراف برابندر ارزیابی شد. در آزمایش‌ها، برای نشاسته گندم و سیب‌زمینی به ترتیب سوسپانسیون ۸ درصد (۳۶ گرم در ۴۵۰ میلی‌لیتر آب) و ۴ درصد (۱۸ گرم در ۴۵۰ میلی‌لیتر آب) انتخاب و از ۴۵ تا ۹۳ درجه سانتی‌گراد (با افزایش ۱/۵ درجه سانتی‌گراد در دقیقه) حرارت داده شد و در ۹۳ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه نگه داشته شد. پس از آن، سوسپانسیون با سرعت ۱/۵ درجه سانتی‌گراد در دقیقه تا ۵۰ درجه سانتی‌گراد سرد و منحنی مربوطه ترسیم شد (Adebowale et al., 2002).

### قدرت تورم<sup>۱</sup> و انحلال‌پذیری<sup>۲</sup> نشاسته

سوسپانسیون نشاسته در دمای ۵۵، ۶۵، ۷۵، ۸۵، و ۹۵ درجه سانتی‌گراد با استفاده از روش رایج لیچ و همکاران (Leach et al., 1959) با اصلاحاتی آماده شد. یک گرم نشاسته در ۵۰ سانتی‌متر مکعب آب مقطر ریخته و سوسپانسیون در دماهای ذکر شده در حمام آب گرم به مدت ۳۰ دقیقه حرارت داده شد و سپس در ۳۰۰۰ دور بر دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شد. پنج میلی‌لیتر از مایع بالا تا وزن ثابت در آن ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد خشک شد و وزن باقیمانده بر حسب گرم در ۱۰۰ گرم نشاسته خشک اولیه به عنوان انحلال‌پذیری و باقیمانده در لوله سانتریفیوژ پس از توزین به عنوان ماده

واقع اعمال صوت صفر درصد، دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، و مدت زمان اعمال صوت صفر بود. در خصوص نشاسته طبیعی سیب‌زمینی، روش اعمال صوت به این ترتیب بود که فاکتور اول شدت صوت (صفر، ۵۰، و ۸۰ درصد)؛ فاکتور دوم دمای اعمال امواج فراصوت (۲۵ و ۷۰ درجه سانتی‌گراد)؛ و فاکتور سوم زمان اعمال صوت (صفر، ۱۰، و ۲۰ دقیقه) بود. شدت امواج فراصوت، زمان اعمال امواج، و دمای اعمال صوت با توجه به دمای ژلاتیناسیون نشاسته گندم و سیب‌زمینی و مقاومت در برابر امواج و فشار بر طبق منابع مشابه انتخاب شد (Wang et al., 2003; Zhang et al., 2003). برای تجزیه و تحلیل داده‌ها ابتدا از نرم‌افزار MstatC برای آنالیز واریانس و مقایسه میانگین نتایج استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد انجام گرفت. در مرحله بعد با استفاده از نرم‌افزار Slidewrite منحنی سه بعدی و خطی برای میانگین داده‌ها بر اساس مدل به‌دست آمده ترسیم شد.

### روش اعمال صوت بر نشاسته

ابتدا سوسپانسیون (۸ درصد وزنی/حجمی) نشاسته مرکب از ۲۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر و ۱۸ گرم نشاسته خشک در یک بشر ۲۵۰ میلی‌لیتر ریخته و سونوتروود دستگاه به میزان ۵۰ میلی‌متر در مرکز بشر در محلول وارد شد. برای اعمال تیمارهای دما، نمونه در حمام آب قرار داده شد. زمان اعمال صوت ۱۰ و ۲۰ دقیقه که فاکتورهای تحت بررسی در تحقیق بودند به صورت پالسی اعمال شد تا از گرم‌شدن نمونه در اثر صوت جلوگیری شود. شدت (بزرگی)، که ۵۰ و ۷۰ درصد در مورد نشاسته گندم و ۵۰ و ۸۰ درصد در مورد نشاسته سیب‌زمینی بود نیز روی دستگاه قابل تنظیم بود. پس از اعمال امواج فراصوت در بزرگی‌های

تأثیر امواج فراصوت بر بعضی خواص نشاسته ...

سرعت ۲ میلی متر بر ثانیه تا عمق ۱۵ میلی متر در نمونه نفوذ داده شد و حداکثر نیروی مورد نیاز برای نفوذ به عنوان سفتی ژل در نظر گرفته شد (Wattanachant *et al.*, 2003; Zhang *et al.*, 2003).

### نتایج و بحث

شکل ۱ اثر شدت امواج فراصوت را بر بعضی خصوصیات نشاسته گندم نشان می دهد، در قسمت الف مشاهده می شود که با افزایش شدت امواج فراصوت، دمای خمیری شدن نشاسته گندم افزایش می یابد که این افزایش خطی و اختلاف آنها در سطح ۵ درصد معنی دار و میزان افزایش ۱۴/۴۸ درصد است. در حالی که در قسمت ب با افزایش شدت امواج، ویسکوزیته حداکثر ویسکوزیته داغ، و ویسکوزیته سرد کاهش می یابد. سفتی و شفافیت ژل با افزایش شدت امواج فراصوت افزایش می یابد (قسمت ج و د). تغییرات ایجاد شده در نشاسته گندم در اثر صوت را می توان به کوچک تر شدن اندازه گرانول نشاسته در اثر اعمال صوت نسبت داد. جکسون و همکاران (Jackson *et al.*, 1989; Jackson *et al.*, 1988) و چانگ و همکاران (Chung *et al.*, 2002) نیز دلایل مشابهی را برای این تغییرات مطرح کرده اند.

در خصوص نشاسته سیب زمینی، در شکل ۲ می بینیم که با افزایش شدت امواج فراصوت دمای خمیری شدن نشاسته سیب زمینی دچار تغییر معنی داری در سطح ۵ درصد می گردد و میزان افزایش این دما با اعمال ۵۰ درصد از شدت صوت معادل ۱۰/۶ درصد و پس از آن فقط ۰/۹ درصد است و تقریباً به ثبات می رسد در حالی که این عامل در مورد نشاسته گندم روندی خطی دارد که این امر نشان می دهد نشاسته سیب زمینی در برابر اعمال صوت دچار تغییر کمتری از نظر دمای خمیری شدن می شود.

متورم از گرم نشاسته خشک اولیه گزارش گردید (Adebowale *et al.*, 2002; Leach *et al.*, 1959).

### ارزیابی میزان پس دادن آب (سینرزیس<sup>۱</sup>)

ده گرم ژل نشاسته خروجی از آمیلوگراف با دمای ۵۰ درجه سانتی گراد به لوله سانتریفوژ از پیش توزین شده منتقل و در ۱۸- درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت نگهداری شد. پس از خارج کردن آن، به مدت ۴ ساعت در ۲۸ درجه سانتی گراد قرار داده شد تا از ژل انجماد خارج شود؛ سپس در ۳۰۰۰ دور بر دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفوژ و پس از خروج آب اضافی لوله ها توزین شد و درصد سینرزیس گزارش گردید (Waliszewski *et al.*, 2003; Zhang *et al.*, 2003).

### شفافیت ژل نشاسته

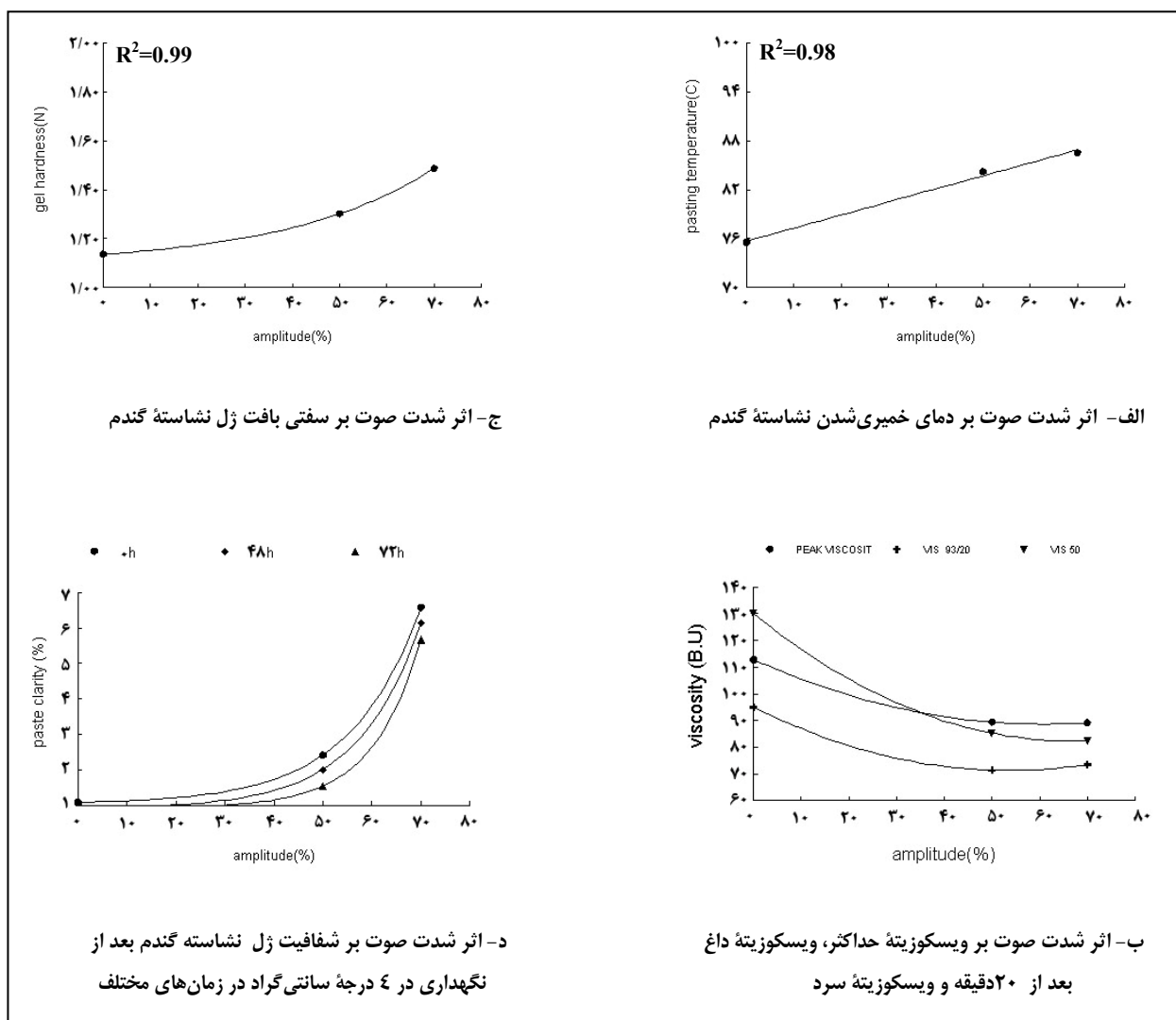
سوسپانسیون یک درصد نشاسته در لوله آزمایش ریخته و به مدت ۳۰ دقیقه در ۹۵ درجه سانتی گراد حرارت داده شد. پس از آن، سوسپانسیون در ۲۵ درجه سانتی گراد سرد و بلافاصله درصد عبور نور با استفاده از اسپکتروفتومتر مدل WPA در ۶۵۰ نانومتر با آب مقطر یونیزه شده به عنوان شاهد اندازه گیری شد. سپس لوله ها در یخچال قرار داده شد و ۲۴ ساعت بعد نیز به همین ترتیب ارزیابی گردید. نتایج بر حسب درصد عبور نور گزارش شد (Kaur *et al.*, 2002; Waliszewski *et al.*, 2003).

### ارزیابی بافت ژل

ژل سوسپانسیون ۸ درصد نشاسته که با آمیلوگراف تهیه شده بود به ارتفاع ۲/۷ سانتی متر در بشر پلاستیکی به قطر ۴ و ارتفاع ۵/۵ سانتی متر ریخته و ۲۴ ساعت در دمای ۴ درجه سانتی گراد نگهداری شد. برای ارزیابی قدرت ژل، از بافت سنج (OTS 25/CNSFARNEL) استفاده شد. پروب پیستونی به قطر ۱۰ میلی متر با

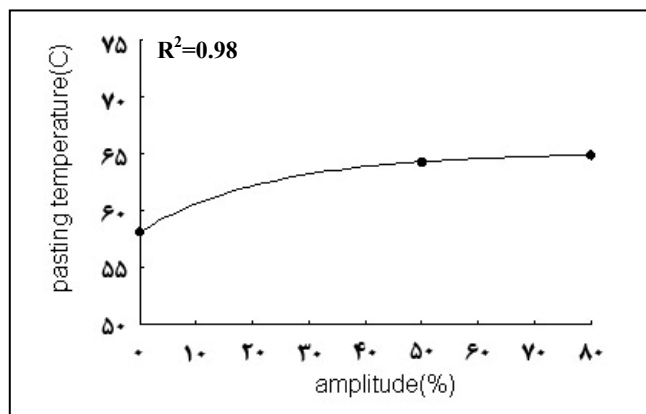
سیبزمینی بسیار کمتر از ویسکوزیته حداکثر آن است؛ در نمونه‌های نشاسته طبیعی نیز همین گونه است. اما با افزایش شدت صوت میزان ویسکوزیته نشاسته در ۹۳ درجه سانتی‌گراد نیز افزایش می‌یابد. میزان ویسکوزیته در ۹۳ درجه سانتی‌گراد بعد از ۲۰ دقیقه نیز با افزایش شدت صوت افزایش می‌یابد و سرانجام اینکه با افزایش شدت صوت ویسکوزیته سرد کاهش می‌یابد.

شکل ۳ نیز نشان می‌دهد که با افزایش شدت صوت از صفر تا ۵۰ درصد ویسکوزیته حداکثر نشاسته سیبزمینی به میزان ۱/۷۲ درصد کاهش می‌یابد، در حالی که با اعمال شدت‌های بالاتر میزان کاهش شدیدتر و معادل ۱۰/۶۱ درصد خواهد بود. بنابراین، برای ایجاد کاهش در ویسکوزیته نهایی نشاسته سیبزمینی به شدت‌های بالاتر نیاز داریم. ویسکوزیته داغ (۹۳ درجه سانتی‌گراد) نشاسته

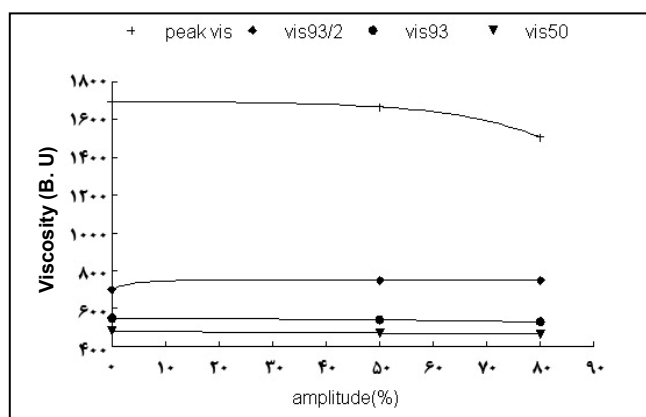


شکل ۱ - اثر شدت امواج فراصوت بر بعضی خواص نشاسته گندم

تأثیر امواج فراصوت بر بعضی خواص نشاسته ...



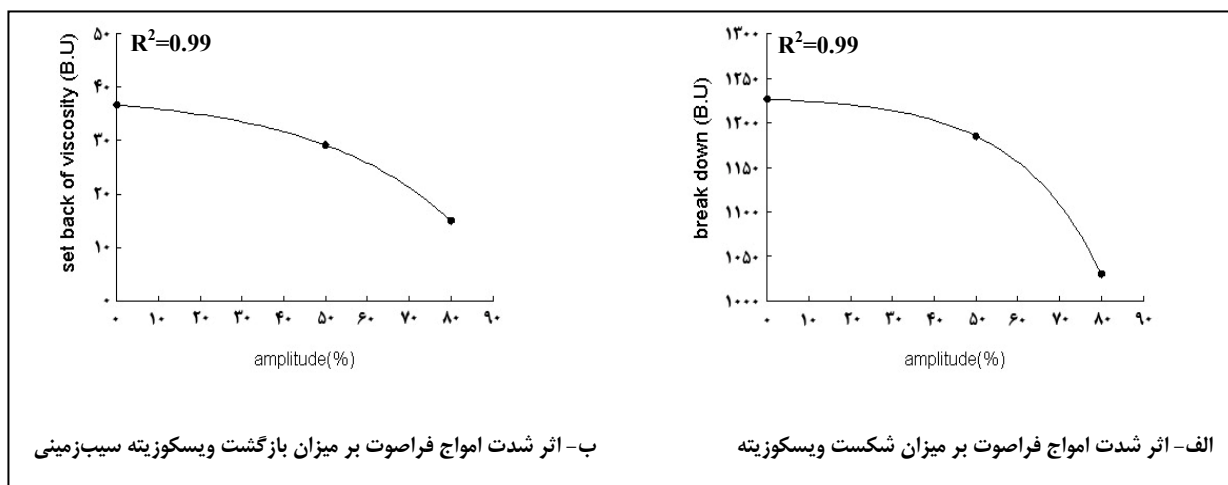
شکل ۲- اثر شدت امواج فراصوت بر دمای خمیری شدن نشاسته سیبزمینی



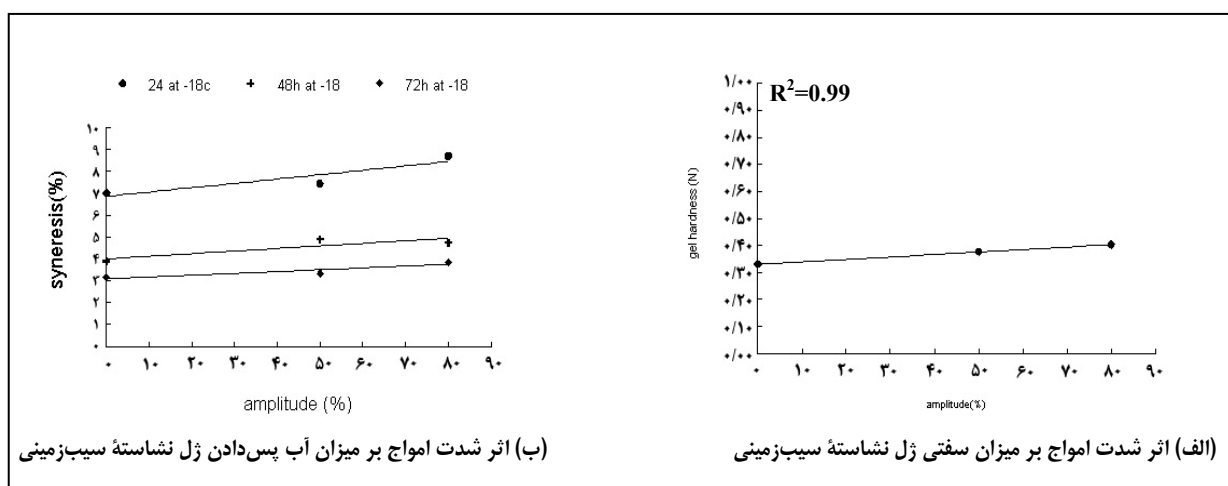
شکل ۳- تأثیر شدت امواج بر ویسکوزیته حداکثر، ویسکوزیته در ۹۳ درجه سانتی گراد، ویسکوزیته در ۹۳ درجه سانتی گراد بعد از ۲۰ دقیقه، و ویسکوزیته در ۵۰ درجه سانتی گراد سیبزمینی

میزان بیاتی نشاسته است. شکل ۵، اثر شدت امواج را بر سفتی ژل و میزان پس دادن آب را از نشاسته سیبزمینی نشان می دهد. در قسمت الف شکل ۵ می بینیم که افزایش شدت صوت در سفتی ژل اختلاف چندانی ایجاد نمی کند اما میزان خروج آب از نشاسته در چرخه های اول، دوم و سوم انجماد افزایش می یابد (قسمت ب) که البته شیب منحنی در زمان های نگهداری ۴۸ و ۷۲ ساعت کمتر است. افزایش میزان خروج آب را می توان به کوچک تر شدن اندازه گرانول ها در اثر صوت نسبت داد (Chung et al., 2002)

بررسی شکل ۴ که اثر شدت امواج را بر شکست و بازگشت ویسکوزیته نشان می دهد، مشخص می کند که با افزایش شدت صوت دوام ویسکوزیته نشاسته سیبزمینی بهتر می شود و بیاتی آن نیز کاهش می یابد. دلیل این امر کمتر شدن ویسکوزیته در اثر اعمال امواج فراصوت است. در قسمت الف شکل ۴، تأثیر شدت امواج بر میزان شکست ویسکوزیته مشاهده می شود که با افزایش شدت صوت میزان شکست کمتر می شود که بیانگر دوام نشاسته است. قسمت ب این شکل نیز نشانگر کاهش میزان بازگشت ژل و در واقع کاهش



شکل ۴- تاثیر شدت امواج بر شکست (الف) و بازگشت ویسکوزیته سیبزمینی (ب)



شکل ۵- تاثیر شدت امواج فراصوت بر وضعیت ژل نشاسته سیبزمینی در زمان‌های نگهداری در فریزر

متقابل شدت امواج و دمای اعمال صوت را بر خصوصیات نشاسته گندم نشان می‌دهد. با افزایش شدت امواج و دمای اعمال امواج فراصوت، ویسکوزیته حداکثر کاهش و دمای خمیری شدن نشاسته زیاد می‌شود که در شکل‌های Y-A و Y-B دیده می‌شود؛ مشخص است که شدت و دما تقریباً اثر مشابهی دارند. اما با افزایش شدت امواج میزان تورم کاهش پیدا می‌کند در حالی که با افزایش دمای اعمال امواج فراصوت بر میزان تورم نشاسته افزوده می‌شود

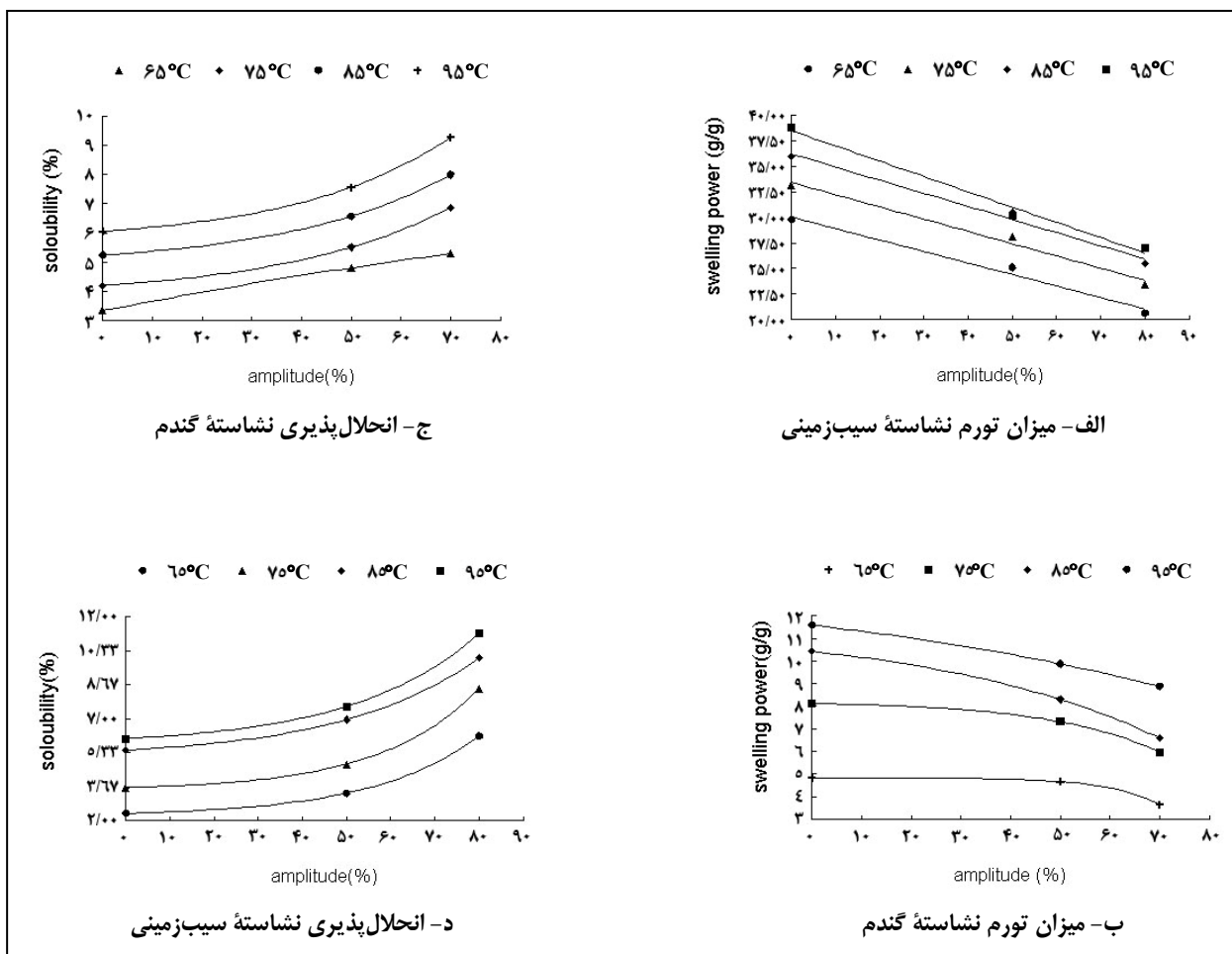
شکل ۶ تاثیر شدت امواج فراصوت را بر میزان تورم و انحلال پذیری نشاسته گندم و سیبزمینی در دماهای ۶۵ تا ۹۵ درجه سانتی‌گراد نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود در هر دو نوع نشاسته افزایش شدت امواج فراصوت باعث افزایش انحلال پذیری (قسمت ج و د) و کاهش میزان تورم (قسمت الف و ب) می‌شود. بنابراین ظرفیت نگهداری آب نشاسته کاهش می‌یابد زیرا نشاسته در صورت تورم می‌تواند آب اضافی بیشتری در خود نگه دارد. شکل ۷، اثر



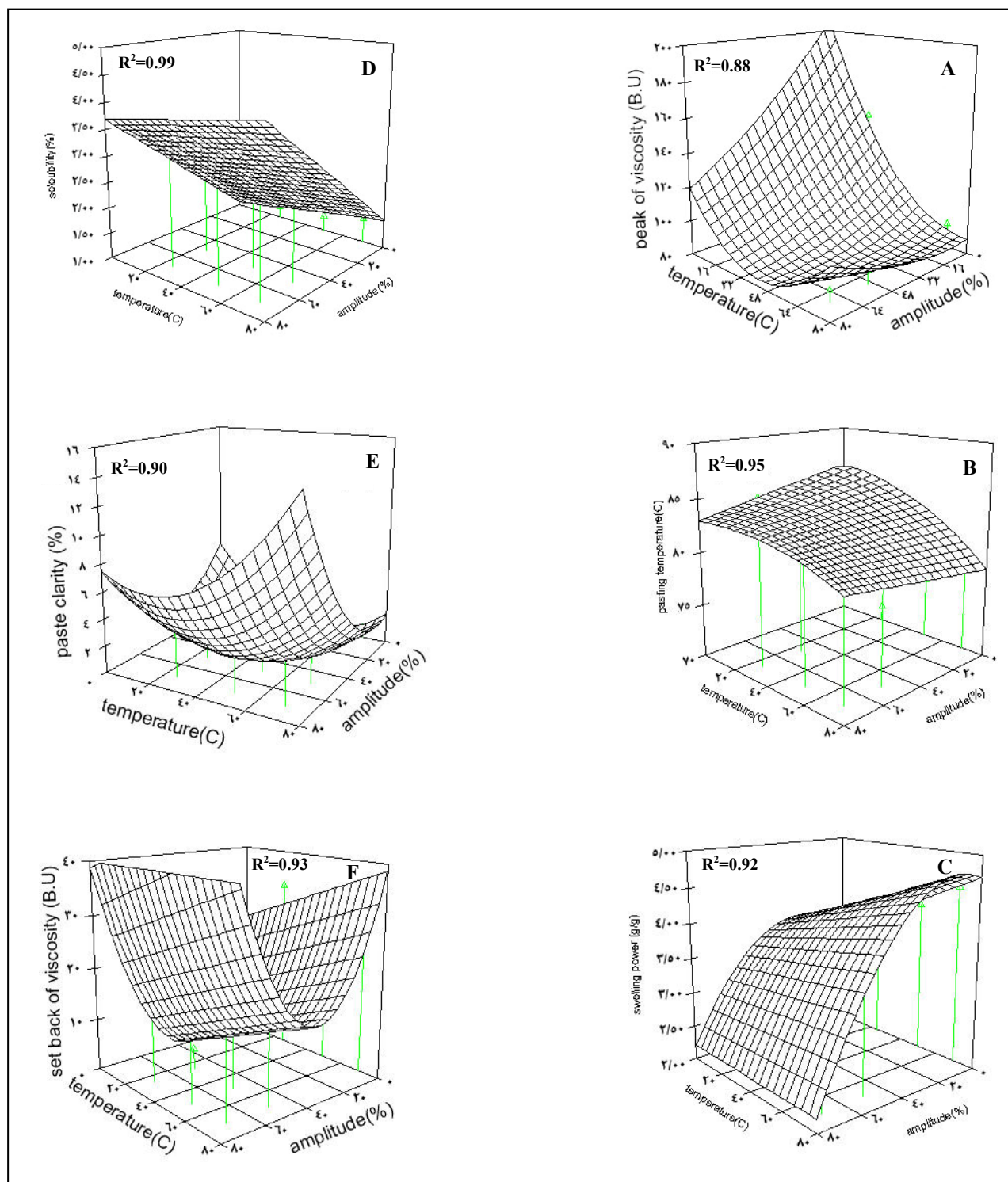
تأثیر امواج فراصوت بر بعضی خواص نشاسته ...

جدول ۱، اثر متقابل شدت و دمای اعمال امواج را بر شفافیت خمیر نشاسته سیبزمینی نشان می‌دهد. افزایش شدت و دمای اعمال امواج فراصوت باعث افزایش شفافیت خمیر حاصل از نشاسته سیبزمینی می‌شود که به مراتب کمتر از افزایش شفافیت ایجادشده در خمیر نشاسته گندم است. با افزایش شدت صوت، انحلال پذیری افزایش می‌یابد و چون گرانول‌ها ریزتر می‌شوند نور بهتر عبور می‌کند. البته با افزایش زمان نگهداری در سرما بر میزان کدورت اضافه می‌شود.

(شکل C-۷). پس در واقع نوع تأثیر صوت و حرارت بر نشاسته مشابه نیست و صوت باعث کاهش تورم و حرارت باعث افزایش آن می‌شود. انحلال پذیری نشاسته با افزایش شدت و دمای اعمال امواج فراصوت افزایش پیدا می‌کند (شکل D-۷). میزان شفافیت خمیر حاصل از نشاسته با افزایش شدت امواج و دمای اعمال امواج افزایش می‌یابد (شکل E-۷). این شکل‌ها نشان می‌دهد که حرارت باعث حل شدن بیشتر شود و صوت باعث ریزتر شدن گرانول‌ها می‌شود.



شکل ۶- اثر شدت امواج فراصوت بر میزان تورم و انحلال پذیری نشاسته در دمای ۶۵، ۷۵، ۸۵، ۹۵ درجه سانتی‌گراد



شکل ۷- اثر متقابل دما و شدت اعمال امواج فراصوت بر ویسکوزیته حداکثر (A)، دمای خمیری شدن (B)، میزان تورم نشاسته در ۵۵ درجه سانتی گراد (C)، انحلال پذیری در ۵۵ درجه سانتی گراد (D)، شفافیت خمیر نشاسته (E)، و بازگشت ویسکوزیته نشاسته گندم (F)

تأثیر امواج فراصوت بر بعضی خواص نشاسته ...

جدول ۱- اثر متقابل شدت و دمای اعمال امواج بر شفافیت خمیر نشاسته سیب زمینی

شفافیت خمیر نشاسته در زمان‌های مختلف نگهداری در			دمای اعمال امواج	شدت امواج فراصوت
یخچال (درصد)				
۷۲ ساعت	۴۸ ساعت	صفر ساعت		
۳۶/۶۷e	۳۹/۶۷e	۴۳/۳۳d	۲۵ درجه سانتی‌گراد	صفر درصد
۵۳/۶۷d	۵۸d	۶۳/۷۳c	۷۰ درجه سانتی‌گراد	
۶۱/۶۷c	۶۵c	۶۷/۳۳c	۲۵ درجه سانتی‌گراد	۵۰ درصد
۶۷/۵b	۷۰/۵۰b	۷۳/۸۳b	۷۰ درجه سانتی‌گراد	
۶۳/۱۷c	۶۵/۵۰c	۶۵/۳۳c	۲۵ درجه سانتی‌گراد	۸۰ درصد
۷۰/۸۳a	۷۴/۸۳a	۷۹/۳۳a	۷۰ درجه سانتی‌گراد	

میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

### نتیجه‌گیری

نشاسته گندم است. در مورد نشاسته سیب‌زمینی باید دمای اعمال امواج فراصوت بالاتر از دمای ژلاتینه‌شدن باشد تا بتواند موجب انهدام گرانول‌های متورم شود. بنابراین، در مورد سیب‌زمینی نیاز به ترکیب کردن حرارت و صوت است. امواج فراصوت می‌تواند باعث کاهش ویسکوزیته و افزایش شفافیت و انحلال‌پذیری نشاسته شود و بنابراین می‌توان از آن به عنوان جایگزینی برای روش‌های شیمیایی در تولید نشاسته‌های رقیق در حالت جوش<sup>۱</sup> استفاده کرد. تیمار امواج فراصوت در مجاورت دماهای بالا می‌تواند تاثیر مشابه نشاسته گندم بر خصوصیات نشاسته سیب‌زمینی ایجاد کند. عوامل موثر بر نشاسته به ترتیب اهمیت عبارت‌اند از شدت امواج، دمایی که نشاسته تحت تاثیر صوت قرار می‌گیرد، و مدت زمانی که امواج فراصوت بر سوسپانسیون نشاسته تاثیر می‌گذارند.

نتایج بیانگر کاهش ویسکوزیته حداکثر افزایش دمای خمیری‌شدن نشاسته گندم و سیب‌زمینی در اثر اعمال امواج فراصوت است. در مورد نشاسته سیب‌زمینی اگر دمای اعمال صوت بالاتر باشد میزان تاثیر مشخص‌تر خواهد بود. هر دو نمونه، افزایش شدت صوت شفافیت خمیر نشاسته را افزایش و میزان تورم یا ظرفیت نگهداری آب در ژل را کاهش می‌دهد. همچنین، اعمال امواج فراصوت باعث افزایش سختی ژل در هر دو نمونه نشاسته می‌شود. که دلیل آن را می‌توان به ریزتر شدن گرانول‌ها، درهم رفتن ژل، قدرت نگهداری کمتر آب، و میزان تورم کمتر ژل نسبت داد. با توجه به نتایج تحقیقات سایر محققان و مشاهدات میکروسکوپی این تحقیق، دلیل اغلب تغییرات ایجاد شده کوچک‌تر شدن اندازه گرانول‌های

## مراجع

- Adebowale, K. O. and Lawal, O. S. 2002. Microstructure, physicochemical properties and retrogradation behavior of Mucuna bean (*Mucuna pruriens*) starch on heat moisture treatments. *Food Hydrocolloids*. 17, 265-272.
- Chung, K. M., Moon, T., Kim, H. and Chun, J. K. 2002. Physicochemical properties of sonicated mung bean, potato, and rice starches. *Cereal Chem*. 79(5): 631-633.
- Jackson, D. S. C., Waniska, R. D. and Rooney, L. W. 1988. Characterization of starch cooked in alkali by aqueous high-performance size-exclusion chromatography. *Cereal Chem*. 65, 493-496.
- Jackson, D. S. C., Waniska, R. D. and Rooney, L. W. 1989. Differential water solubility of corn and sorghum starches as Characterized by aqueous high-performance size-exclusion chromatography. *Cereal Chem*. 66, 228-232.
- Jobling, S. 2004. Improving starch for food and industrial applications. *Current Opinion in Plant Biology*. 7, 210-218.
- Kaur, L., Singh, N. and Sodhi, N. S. 2002. Some properties of potatoes and their starches. II. Morphological, thermal and rheological properties of starches. *Food Chem*. 79, 183-192.
- Leach, H. W., Mc Cowen, L. D. and Schoch, T. J. 1959. Structure of the starch granule. I. Swelling and solubility patterns of various starches. *Cereal Chem*. 36, 534-544.
- Mason, T. J. 1999. Sonochemistry. First Edition. Oxford University Press Inc. N. Y.
- Radley, J. A. 1976. Industrial Uses of Starch and Its Derivatives. Applied Science Pub. London.
- Rasper, V. 1988. Theoretical Aspects of Amylographology. Amylograph Hand Book. The American Association of Cereal Chemists Pub.
- Waliszewski, K. N., Aparicid, M. A., Bello, L. A. and Monrey, J. A. 2003. Changes of banana starch by chemical and physical modification. *Carbohydrate polymers*. 52, 237- 242.
- Wang, L. and Wang, Y. J. 2003. Application of high-intensity ultrasound and surfactants in rice starch isolation. *Cereal Chem*. 81(1): 140-144.

تأثير امواج فراصوت بر بعضى خواص نشاسته ...

**Wattanachant, S. K., Hashim, M. D. M. and Rahman, R. A. 2003. Effect of cross linking reagents and hydroxypropylation levels on dual-modified sago starch properties. Food Chem. 80, 463-471.**

**Zhang, Z., Feng, H. and Eckhoff, S. R. 2003. Physical properties and enzymatic digestibility of power ultrasound treated corn starch as affected by pH. Presented in: IFT Annual Meeting-Chicago. Session 60A-21. Carbohydrate.**



## **The Effect of Ultrasound on Some Characteristics of Wheat and Potato Starch**

**M. Karimi<sup>\*</sup>, H. Pourazarang, A. Mortazavi and M. Nasiri**

<sup>\*</sup> Corresponding Author: Academic Member, Agricultural Engineering Research Department, Agricultural and Natural Resources Research Center, P. O. Box: 91275-488, Torogh, Khorasan, Iran. Mehdikarimi753@yahoo.com

Starch is a versatile and useful polymer having physicochemical properties that can be altered by chemicals or enzymatic modification and/or physical treatment. Native starches possess many disadvantages that decrease their application and industrial use, but could be modified to obtain the desired properties to meet industrial needs for a wide range of starch applications. Physically modified starches are considered to be very safe, natural materials. Power ultrasound appears to be an effective process for modification of starch. Natural wheat and potato starches were sonicated under different conditions and their physical properties were investigated. Studies on starch pasting properties have shown that starches treated with power ultrasound had lower peak viscosities and higher pasting stability than did native starch. Ultrasound treated starches exhibited an increase in pasting temperature. Sonication also induced the starch paste to become more transparent and less viscous. The same treatments were applied for potato starch and showed almost the same patterns and effects, but indicated that temperature and amplitude are more important. Most changes occurred at temperatures higher than that of gelatinization because of structural changes in the granules. Data collected at different stages were analyzed using a factorial experimental design and means were evaluated in the form of mathematical models with linear and 3D-surface charts. Power ultrasound may be applied for the preparation of a physically modified starch that has good clarity and low viscosity and also aids the production of thin boiling starch produced by chemical treatments such as acid or oxidation.

**Key Words:** Modification, Potato Starch, Ultrasound, Wheat Starch