

مقایسه اثر فرایند هیدروترمال، فراصوت و انجماد-فراصوت بر ویژگی های رنگی نشاسته های گندم و ذرت

- سمانه مالکی^۱، اعظم اعرابی جشقانی^{۲*}، فرهاد عظیمی فر^۳، حسن ذکی دیزجی^۴
۱. دانشجوی دکترا، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرضا، شهرضا، ایران
 ۲. استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران
 ۳. استادیار، گروه مهندسی پزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران
 ۴. دانشیار، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

* نویسنده مسئول: aarabi@pmt.iaun.ac.ir

چکیده

نشاسته یکی از انواع پلی ساکاریدها می باشد که به دلیل قیمت ارزان، فراوانی، تخریب پذیر بودن و تجدیدپذیری، به عنوان یک پلیمر طبیعی صنعتی دارای اهمیت ویژه ای می باشد. نشاسته در فرم اصلی، خواص فیزیکی و شیمیایی لازم برای فرایندها را ندارد. به کمک اصلاح نشاسته، می توان استفاده از آن را در صنایع مختلف افزایش داد. در این پژوهش نشاسته ذرت و گندم در تیمارهای هیدروترمال در ۲ و ۴ ساعت (HMT2, HMT 4)، فراصوت در دو زمان ۱۰ و ۲۰ دقیقه (UT10, UT20) و فرایند ترکیبی انجماد فراصوت (FUT) قرار گرفتند و نشاسته های تیمار شده از نظر پارامترهای رنگی ارزیابی شدند. نتایج نشان داد بین نشاسته های ذرت و گندم در همه تیمارهای انجام شده اختلاف معنادار دیده می شود. همچنین در مقایسه درون تیماری نیز بین نمونه شاهد و نمونه های تیمار شده اختلاف معناداری دیده شد. به طوریکه بالاترین مقدار شاخص سفیدی مربوط به HMT 4 و کمترین مقدار شاخص مربوط به نمونه های فراصوت UT20 دیده شد و مقدار شاخص سفیدی در نمونه های ذرت بیش از نشاسته گندم مشاهد شد. نتایج نشان داد بیشترین مقدار زردی در نمونه FUT دیده شد.

کلید واژگان: اصلاح نشاسته، فراصوت، ارزیابی رنگ

مقدمه

نشاسته یکی از انواع پلی ساکاریدها می باشد که از واحدهای گلوکزی تشکیل شده است. ساختار نشاسته بصورت گرانول هایی در اندازه ۵ تا ۳۰ میکرومتر متشکل از دو فرم آمیلوز و آمیلوپکتین می باشد. پلیمر طبیعی نشاسته با توجه به قیمت ارزان فراوانی تخریب پذیر بودن و تجدیدپذیری از نظر صنعتی دارای اهمیت ویژه ای می باشد. نشاسته در فرم اصلی، خواص فیزیکی و شیمیایی لازم برای فرایند ها را ندارد. به کمک اصلاح نشاسته، می توان استفاده از آن را در صنایع مختلف از قبیل غذا، کاغذ و پارچه را افزایش داد. با پیشرفت صنایع تبدیلی مواد غذایی، ساختار نشاسته دچار تغییر و تحولاتی می گردد که منجر به از دست رفتن بعضی خواص مطلوب آن می شود. از این رو برای افزایش کاربرد پتانسیل نشاسته برای بخش های مختلف و کشف عملکردهای جدید، اصلاح نشاسته با استفاده از روش های مختلف شامل روش های شیمیایی، فیزیکی، آنزیمی و ژنتیکی صورت می گیرد. نشاسته اصلاح شده عملکرد وسیع و متنوعی را در مواد غذایی ایجاد می کند. از جمله قابلیت اتصال یا جدا شدن، جذب یا عدم جذب آب، ایجاد بافت های کوتاه، رشته ای، برش پذیر و یا یکنواخت یا محکم. به دلیل مصرف مواد شیمیایی نامناسب و ضرر آنها برای سلامتی انسان و محیط زیست، امروزه استفاده از فرایندهای فیزیکی شامل گرما، رطوبت، تشعشع یا امواج اولتراسوند برای اصلاح نشاسته به خصوص در صنایع غذایی، بسیار مورد توجه قرار گرفته است. مزیت اصلاح فیزیکی این است که مواد اولیه نشاسته ایمن و تا جای ممکن طبیعی می ماند.

تیمار اولتراسونیک وانجماد اصلاحات فیزیکی هستند که خواص فیزیکی شیمیایی نشاسته را تغییر می دهند بدون آنکه در ساختار گرانولار آن تخریبی ایجاد شود. به همین دلیل استفاده از این روش ها () بسیار مورد استقبال قرار گرفته است. روش دیگری که برای اصلاح نشاسته به کار می رود، استفاده از امواج اولتراسوند می باشد که در این میان استفاده از امواج اولتراسونیک به دلیل نداشتن آلودگی، کنترل ساده تر و نداشتن محصولات فرعی، بیشتر مورد توجه واقع شده است (۳).

استفاده از امواج اولتراسوند به دلیل اینکه دوستدار محیط زیست، ایمن و موثرتر می باشد، بیشتر مورد توجه قرار گرفت. مطالعات زیادی تاثیر اولتراسوند بر خواص ریخت شناسی و فیزیکی شیمیایی نشاسته از منابع مختلف گیاهی را گزارش می دهند (۴). به علاوه، اولتراسونیک کردن باعث تغییر در شکنندگی و پوکی دانه های سطح نشاسته می شود (۵). بنابراین به نظر می رسد اولتراسوند یک روش یونیک برای داشتن موثرترین اصلاح روی نشاسته می باشد.

امواج اولتراسونیک یک تیمار فیزیکی است که از امواج اولتراسوند با فرکانس بالاتر از محدوده شنوایی انسان استفاده می شود. (>۱۶ کیلو هرتز) و از نظر محدوده فرکانسی به سه دسته تقسیم می شود شامل اولتراسوند قدرتی (۱۰۰-۱۶ کیلو هرتز)، اولتراسوند فرکانس بالا (۱۰۰ کیلو هرتز - ۱ مگا هرتز) و اولتراسوند تشخیصی (۱۰-۱ مگا هرتز) (۶) در سال های اخیر علاقه به استفاده از قدرت و فرکانس بالای امواج اولتراسونیک برای تغییر ساختارهای غذاهای مختلف بیشتر شده است. امواج اولتراسونیک باعث بهبود در فرایند و نگهداری غذاها می شود از قبیل انعطاف پذیری بیشتر محصول، کوتاه شدن زمان فرایند، کاهش عملیات و هزینه نگهداری، بهبود کیفیت خصوصیات و غیره.

امواج اولتراسونیک با انرژی بالا در فراوری مواد غذایی از جمله عصاره گیری و استخراج مواد موثر گیاهان، هموژناسیون، کریستالیزاسیون (تشکیل کریستال های کوچک تر یخ در هنگام انجماد)، فیلتراسیون، جداسازی، تغییر ویسکوزیته، غیر فعال کردن آنزیم ها، ایجاد تغییر شکل در ساختار مواد و تولید رادیکال های آزاد مورد استفاده قرار می گیرد (۷).

در میان کاربردهای غذاهای مختلف، تمرکز اولتراسونیک بر نشاسته بیشتر است زیرا ماده اصلی بیشتر غذاها و صنایع غذایی می باشد. در سیستم آب نشاسته، اولتراسونیک کردن به صورت ناحیه ای، برش های شدید، دمای بالا و رادیکال های آزاد ایجاد کرده که می تواند ساختار و خصوصیات نشاسته را تغییر دهد. تاکنون اثر امواج اولتراسوند بر نشاسته گندم، جو، برنج، ذرت، سیب زمینی شیرین و کاساوا بررسی شده که نتایج بعضی از آنها در زیر آمده است:

هارپریت کائور و بالمیت سینگ گیل تاثیر امواج اولتراسوند را بر خواص رئولوژیکی، ساختاری و تغذیه چهار نوع نشاسته به صورت خام و پخته بررسی نمودند و به این نتیجه رسیدند که محتوای RDS در هر دو حالت پختن و اولتراسوند افزایش یافته در حالیکه محتوای RS با پختن کاهش و امواج اولتراسوند کاهش و SDS با افزایش مدت زمان تیمار افزایش یافته است (Harpreet kaur, Balmeet singh Gill, 2018) در پژوهشی دیگر تاثیر استریفیکاسیون و اولتراسوند بر خواص نانوذرات نشاسته بررسی و مشاهده شد که با افزایش زمان تیمار اولتراسونیک میانگین اندازه و PDI ذرات به تدریج کاهش می یابد (Xiaoxia yan و همکاران ۲۰۲۱).

در سال ۲۰۲۰ رانگ بین کیو و فان زو تاثیر اولتراسوند بر خواص فیزیکی شیمیایی آرد سیب زمینی شیرین را بررسی و با آرد گندم تجاری مقایسه کردند. نتایج نشان داد که امواج اولتراسوند به طور قابل توجهی ظرفیت ژلاتینه شدن و میزان ویسکوزیته چسبندگی را کاهش می دهد در حالیکه در شرایط آزمایشگاهی افزایش پیدا می کنند (Rongbin cui, Fan zhu). مطالعات متعددی در مورد ارزیابی فرایندهای فراصوت و هیدروترمال بر ویژگی های نشاسته منتشر شده است اما در مورد اثر فرایند ترکیبی فراصوت-انجماد بر نشاسته و مقایسه آن با هیدروترمال و فراصوت نتایجی گزارش نشده است لذا در این پژوهش هدف این است که محلول نشاسته منجمد شده و سپس دیفرست شدن با تیمار فراصوت انجام شده و نشاسته تهیه شده با نشاسته تیمار هیدروترمال و فراصوت در زمانهای ۲۰ و ۱۰ دقیقه مقایسه گردد.

مواد و روش ها

تهیه و آماده سازی نمونه

در این مرحله پودر نشاسته گندم و ذرت از شرکت گلشهد (اصفهان) به ترتیب با (درصد رطوبت ۵/۲۵٪ و خاکستر ۱,۹٪) و (درصد رطوبت ۲/۴۷٪ و خاکستر ۱/۳۵٪) تهیه شد.

۲-۲- انجام تیمار بر روی نشاسته

برای این منظور از چهار سناریو جهت اعمال تیمار بر روی نشاسته استفاده شد. نمونه ای از نشاسته که هیچ گونه تیماری بر روی آن انجام نشد به عنوان نمونه شاهد کنترل در نظر گرفته شد. جهت ایجاد اصلاح در نشاسته برای همه تیمارها محلول ۲۵٪ نشاسته بر

اساس بهترین نتایج به دست آمده از تحقیقات کالوجیانی و همکاران (۲۰۰۲) تهیه شد و سپس بر محلول تهیه شده، تیمارهای فراصوت (پروپ التراسوند) در دو زمان ۱۰ و ۲۰ دقیقه، تیمار حرارتی هیدروترمال در دو زمان ۲ و ۴ ساعت در دو دمای ۹۰ درجه سانتیگراد در آن و فرایند انجماد و سپس دیفراست شدن با فراصوت اعمال شد و به صورت آنچه در زیر اشاره شده است انجام شد.

الف- محلول نشاسته در آب تهیه شده و به مدت ۲۴ ساعت در یخچال جهت انجام تعادل قرار گرفت. سپس در آن ۹۰ درجه سانتیگراد شیکردار (شرکت پکو ساخت ایران) به مدت دو و چهار ساعت قرار داده شد. سپس نمونه ها درون سانتریفوژ دور ۵۰۰۰ به مدت ۵ دقیقه جهت جداسازی فاز زیرین قرار گرفت. پس از آن در آن خلا ۴۰ درجه (شرکت ریحان طب ساخت ایران) به مدت ۲۴ ساعت خشک شده و جهت آزمون های بعدی مورد استفاده قرار خواهند گرفت (HMT2, HMT4).

ب- محلول ۲۵٪ نشاسته در آب تهیه شده و به مدت ۲۴ ساعت در یخچال جهت انجام تعادل قرار گرفت. سپس به مدت ۱۰ و ۲۰ دقیقه در توان ۵۰۰ وات اولتراسوند پروپ (دستگاه: توسعه فناوری مافوق صوت ساخت ایران) تیمار شده و در تمام طول تیمار به کمک قرار دادن ظرف محتوای نمونه در یخ دمای نمونه و بازه های ۲ دقیقه تیمار ۱ دقیقه استراحت در ۲۵ درجه ثابت نگه داشته شد. سپس در سانتریفوژ ۵۰۰۰g جدا و در آن خلا ۴۰ درجه خشک شد و جهت آزمون های بعدی مورد استفاده قرار خواهد گرفت (UT 10, UT20).

ج- محلول ۲۵٪ نشاسته در آب تهیه شده و به مدت ۱۲ ساعت در یخچال جهت انجام تعادل قرار گرفت. سپس به مدت ۱۲ ساعت در فریزر ۱۸- قرار داده شد. نمونه یخ زده توسط اولتراسوند انجماد زدایی کامل انجام گرفت تا به دمای ۲۵-۳۰ درجه سانتیگراد برسد. سپس مانند نمونه های قبلی در سانتریفوژ جهت جداسازی قرار گرفت و فاز زیرین آن جدا شد و پس از آن در آن خلا ۴۰ درجه خشک شده و جهت آزمون های بعدی مورد استفاده قرار خواهد گرفت (FUT).

نمونه نشاسته های حاصل از تیمارهای فوق از نظر آزمون رنگ مورد ارزیابی قرار گرفت.

اندازه گیری ویژگی های رنگ (روشنایی، قرمزی، زردی، شاخص سفیدی و ΔE)

ارزیابی شاخص های رنگی (L, a, b) با استفاده از دستگاه هانتربل کالیبره شده انجام پذیرفت سپس شاخص سفیدی و زردی مطابق با روابط ۲ و ۳ اندازه گیری می شود. (طبق روش ویوک گاپتا و همکاران ۲۰۲۱)

$$WI = 100 - [(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}]^{1/2} \quad \text{رابطه (۱)}$$

تجزیه و تحلیل آماری

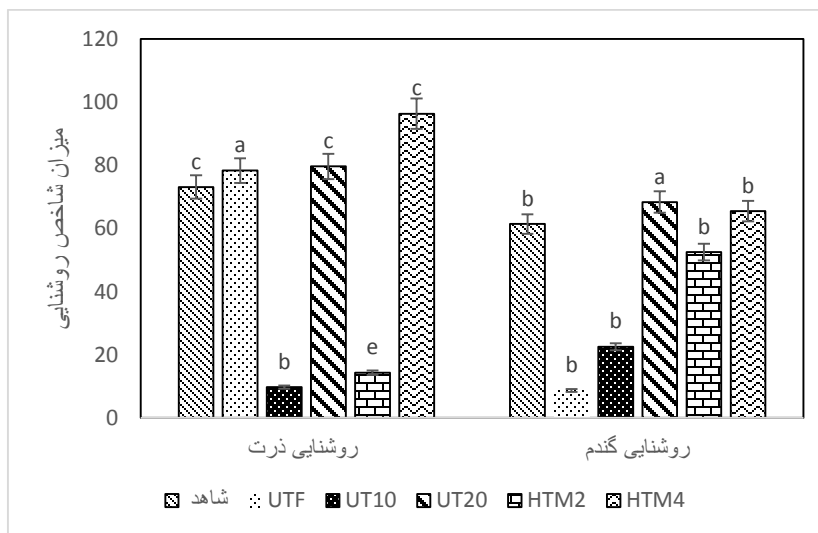
طراحی آزمایش این پژوهش در سه تکرار انجام و نتایج در قالب طرح کاملاً تصادفی و آزمایش فاکتوریل با سه تکرار صورت گرفت و تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم افزار SPSS و اکسل انجام شد. مقایسه میانگین ها بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

بررسی اثر فرایند بر پارامترهای رنگی نشاسته های تیمار شده

رنگ در واقع بیشتر حاصل بازتابش نور است و نور عبوری نقش مهمی در فرآیند دید و پذیرش رنگ ندارد (جان ادمن، ۲۰۰۱). شناسایی رنگ می تواند هم توسط خواص حسی انسان و یا بوسیله ابزارهای فیزیکی صورت گیرد. اگرچه پردازش تصاویر توسط انسان بسیار قدرتمند است اما وابسته به شخص است و از فردی به فرد دیگر این قدرت در تمام پارامترهای خود متغیر است. همچنین استفاده از عامل انسانی بسیار زمان بر بوده و نیاز به تعلیمات یکسان به تمام افراد آموزش دیده دارد. بنابراین استفاده از ابزارهایی جهت شناسایی کیفیت رنگی غذاها لازم است. در حال حاضر از فضاها رنگی و ارزش های وابسته عددی برای ایجاد و ارائه و تصویرسازی رنگها در فضاها دو بعدی و سه بعدی استفاده می شود (کیت ال یاما و اسپیریدون، ۲۰۰۴).

بر اساس شکل ۱ و نتایج بدست آمده در نشاسته ذرت بین تیمارهای مختلف اختلاف معناداری از نظر شاخص روشنایی (L^*) وجود دارد ($p < 0.05$). طبق نتایج جدول ۴-۴ کمترین شاخص روشنایی (L^*) در نشاسته ذرت مربوط به نمونه تیمار شده با آون ۹۰ درجه سانتی گراد (HMT2) می باشد که با افزایش زمان گرمخانه گذاری میزان روشنایی نمونه کاهش پیدا کرد که اختلاف معناداری از لحاظ آماری داشت ($p < 0.05$). و بالاترین شاخص روشنایی (L^*) در نشاسته ذرت مربوط به نمونه تیمار شده در فریزر (FUT) می باشد، بر طبق نتایج می توان گفت با افزایش زمان توان اولتراسونیک میزان روشنایی کاهش معناداری داشت ($p < 0.05$).



شکل ۱ - میزان شاخص روشنایی نشاسته ذرت و نشاسته گندم

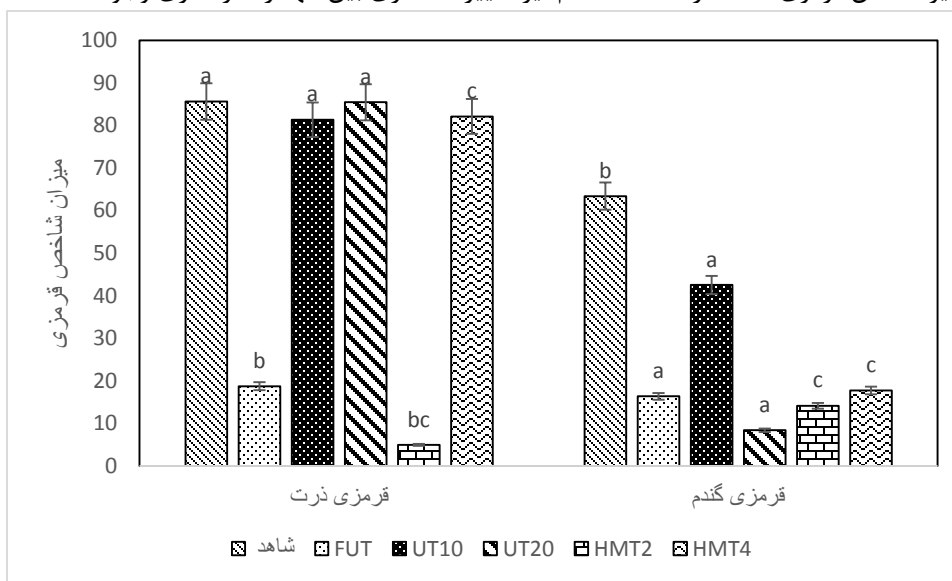
شاهد (بدون تیمار حرارتی)، تیمار FUT (فریز شده)، تیمار UT10 (التراسونیک ۱۰ دقیقه)، تیمار UT20 (التراسونیک ۲۰ دقیقه)، تیمار شاهد HMT2 (آون ۹۰ درجه چهار ساعت)، تیمار HMT4 (آون ۹۰ درجه چهار ساعت)

همچنین بالاترین شاخص روشنایی (L^*) در نشاسته گندم مربوط به نمونه تیمار شده با اولتراسونیک (UT10 به میزان ۹/۷۹) می باشد که با افزایش توان اولتراسونیک شاخص روشنایی (L^*) در نشاسته گندم نیز افزایش یافت و پایین ترین شاخص روشنایی

(L*) در نشاسته گندم مربوط به سایر تیمارها بود که از نظر آماری اختلاف معناداری بین آن ها وجود نداشت ($p > 0.05$). اما با نمونه اولتراسونیک (UT10) اختلاف معناداری از نظر آماری داشتند ($p < 0.05$).

شکل ۲ نتایج مقایسه میانگین شاخص قرمزی (a*) نشاسته ذرت و نشاسته گندم تیمار شده آمده است. بر اساس نتایج بدست آمده در نشاسته ذرت بین تیمارهای مختلف اختلاف معناداری از نظر شاخص قرمزی (a*) وجود دارد ($p < 0.05$). طبق نتایج جدول ۴-۵ بالاترین شاخص قرمزی (a*) در نشاسته ذرت مربوط به نمونه های تیمار شده با اولتراسونیک می باشد که با افزایش توان اولتراسونیک شاخص قرمزی (a*) در نشاسته ذرت تغییر معناداری از نظر آماری نداشت ($p > 0.05$) و پایین ترین شاخص قرمزی (a*) در نشاسته ذرت مربوط به نمونه های تیمار شده در هیدروترمال می باشد که با افزایش زمان گرمخانه گذاری نیز شاخص قرمزی (a*) در نشاسته ذرت نیز تغییر معناداری از لحاظ آماری نداشت ($p > 0.05$).

طبق نتایج ارائه شده در شکل ۲ بالاترین شاخص قرمزی (a*) در نشاسته گندم مربوط به نمونه های تیمار شده با اولتراسونیک و نمونه تیمار شده در فریز (FUT) و سپس نمونه شاهد می باشد که بین آنها معناداری از نظر آماری وجود نداشت ($p > 0.05$) و پایین ترین شاخص قرمزی (a*) در نشاسته گندم مربوط به نمونه های تیمار شده در هیدروترمال می باشد که با افزایش زمان گرمخانه گذاری نیز شاخص قرمزی (a*) در نشاسته گندم نیز تغییر معناداری بین آنها از نظر آماری وجود نداشت ($p < 0.05$).

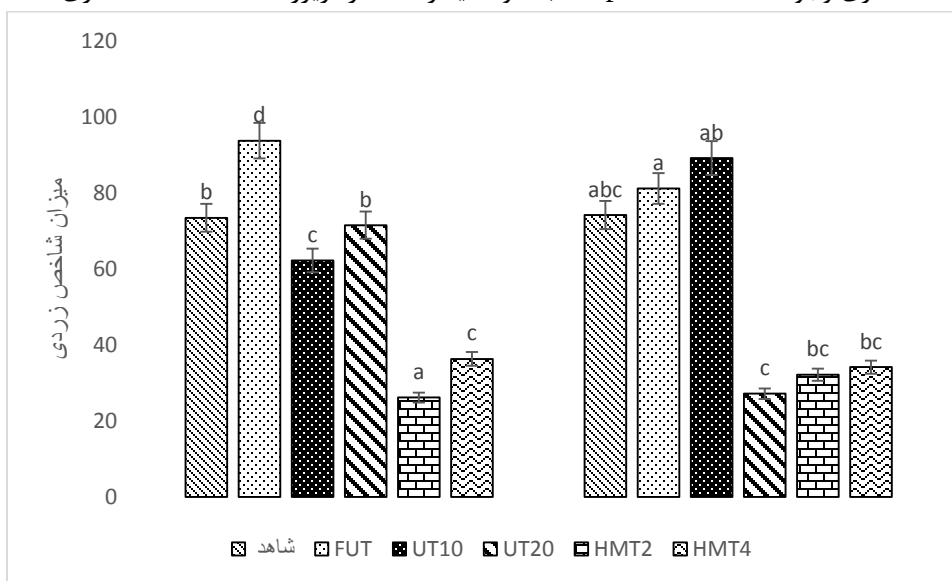


شکل ۲: میزان شاخص قرمزی نشاسته ذرت و نشاسته گندم

شاهد (بدون تیمار حرارتی)، تیمار FUT (فریز شده)، تیمار UT10 (التراسونیک ۱۰ دقیقه)، تیمار UT20 (التراسونیک ۲۰ دقیقه)، تیمار HMT2 (آون ۹۰ درجه چهار ساعت)، تیمار HMT4 (آون ۹۰ درجه چهار ساعت)

شکل ۳- مقایسه میانگین شاخص زردی (b*) نشاسته ذرت و نشاسته گندم تحت فرآوری مختلف آمده است. بر اساس نتایج بدست آمده در نشاسته ذرت بین تیمارهای مختلف اختلاف معناداری از نظر شاخص زردی (b*) وجود دارد ($p < 0.05$). طبق نتایج

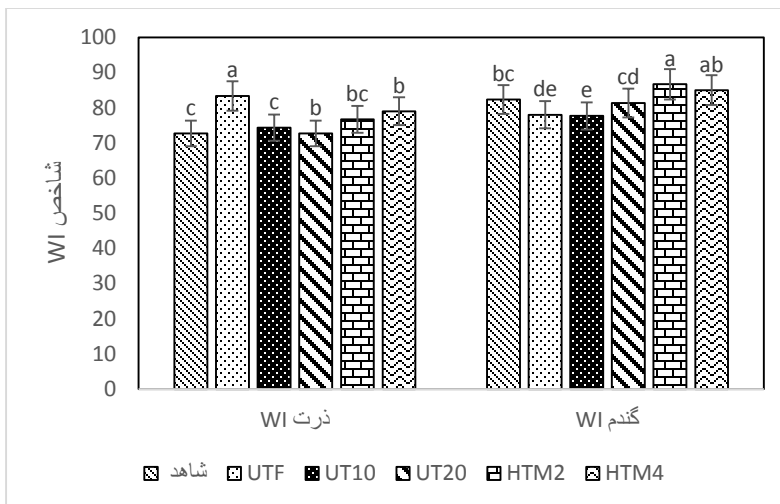
جدول ۴-۶ بالاترین شاخص زردی (b^*) در نشاسته ذرت مربوط به نمونه تیمار شده با آن ۹۰ درجه سانتی گراد می باشد که با افزایش زمان گرمخانه گذاری شاخص زردی (b^*) در نشاسته ذرت نیز کاهش یافت و پایین ترین شاخص زردی (b^*) در نشاسته ذرت مربوط به نمونه تیمار شده در فریزر (FUT) می باشد که میزان شاخص زردی آن برابر ۱/۹۳ می باشد که با سایر تیمارها اختلاف معناداری از لحاظ آماری داشت ($p < 0.05$). همچنین با توجه به نتایج مقایسه میانگین می توان گفت که با افزایش توان اولتراسونیک میزان شاخص زردی (b^*) کاهش یافت که از نظر آماری اختلاف معناداری بین آن ها وجود داشت ($p < 0.05$). همچنین بر اساس نتایج ارائه شده در شکل ۳ مشاهده می شود که بالاترین شاخص زردی (b^*) در نشاسته گندم مربوط به نمونه تیمار شده در فریزر (FUT) می باشد که برابر ۵/۱۸ است و سایر تیمارها کمترین میزان شاخص زردی (b^*) را دارا بودند که بین آن ها اختلاف آماری وجود نداشت ($p > 0.05$). اما با نمونه تیمار شده در فریزر (FUT) اختلاف آماری داشتند ($p < 0.05$).



شکل ۳: میزان شاخص زردی نشاسته ذرت و نشاسته گندم

شاهد (بدون تیمار حرارتی)، تیمار FUT (فریز شده)، تیمار UT10 (التراسونیک ۱۰ دقیقه)، تیمار UT20 (التراسونیک ۲۰ دقیقه)، تیمار HMT2 (آون ۹۰ درجه چهار ساعت)، تیمار HMT4 (آون ۹۰ درجه چهار ساعت)

نتایج مقایسه میانگین شاخص سفیدی نشاسته ذرت و نشاسته گندم تحت تیمار در شکل ۴ ارائه شده است. بر اساس نتایج بدست آمده در نشاسته ذرت بین تیمارهای مختلف اختلاف معناداری از نظر شاخص سفیدی وجود دارد ($p < 0.05$). در نشاسته ذرت بالاترین میزان شاخص سفیدی مربوط به نمونه تیمار شده در فریزر (FUT) و کمترین میزان شاخص سفیدی مربوط به تیمارهای شاهد، تیمار UT10 و تیمار HMT2 است. همچنین بر اساس نتایج بدست آمده می توان گفت که با افزایش توان اولتراسونیک شاخص سفیدی کاهش یافت اما با افزایش زمان گرمخانه گذاری شاخص سفیدی افزایش معناداری داشت ($p < 0.05$).



شکل ۴- میزان شاخص سفیدی نشاسته ذرت و نشاسته گندم

شاهد (بدون تیمار حرارتی)، تیمار FUT (فریز شده)، تیمار UT10 (التراسونیک ۱۰ دقیقه)، تیمار UT20 (التراسونیک ۲۰ دقیقه)، تیمار HMT2 (آون ۹۰ درجه چهار ساعت)، تیمار HMT4 (آون ۹۰ درجه چهار ساعت)

تن و همکاران (۲۰۰۲) با بررسی L^* ، a^* و b^* سه نوع برنج (هیبریدی و والدین آنها) گزارش دادند که میزان این فاکتورهای رنگی در آرد برنج این ارقام به ترتیب در دامنه ۹۱/۴۳ الی ۹۲/۸۳، ۰/۳۲ الی ۰/۰۹ و ۶/۳۲ الی ۶/۵۶ و در نشاسته برنج آنها به ترتیب در دامنه ۹۸/۷۵ الی ۹۹/۶۴، ۰/۰۰ الی ۰/۰۴ و ۰/۹۷ الی بیشتر بر خوردار است. ۱/۳۰ قرار دارد. نشاسته برنج نسبت به آرد آن، از L^* و در نتیجه روشنی لومدوبونگ و سیب (۲۰۰۰) اثر روش استخراج نشاسته برنج را بر روی فاکتورهای رنگی L^* ، a^* و b^* مورد بررسی قرار دادند و اظهار داشتند که L^* : نشاسته حاصل از هضم پروتئاز > نشاسته حاصل از استخراج قلیایی > آرد، b^* آرد > نشاسته حاصل از استخراج قلیایی > نشاسته حاصل از هضم پروتئاز و a^* : آرد > نشاسته حاصل از استخراج قلیایی = نشاسته حاصل از هضم پروتئاز.

در تحقیقات انجام شده توسط Lee و Rhee (۲۰۰۳) نشان دادند که با افزودن اجزای روغن هسته کاج (خصوصاً گلیکولیپید) به نشاسته برنج میزان تفاوت کلی رنگ دهنده (ΔE) روند صعودی به خود می گیرد. این روند یکی از عوامل نشان برهم کنش قویتر بین گلیکولیپید (نسبت به سایر اجزای لیپیدی) و نشاسته برنج محسوب می گردد. Kawamura و Natsuga (۲۰۰۶) گزارش دادند که میزان فاکتورهای رنگی سفیدی، L^* ، a^* و b^* به طور میانگین به ترتیب در برنج قهوه ای، ۱۷/۲، ۵۵/۳، ۲/۷، ۱۵/۳ و ۱۵/۶ و در برنج سفید ۳۴/۵، ۶۱/۴، ۰/۵ و ۸/۶ می باشد. قاسمی و همکاران در سال ۲۰۰۸ با بررسی اثر افزودن اسیدهای خوراکی بر روی دانه های برنج در حین پخت، اظهار داشتند که هیچ نوع تغییر معنی داری در درجه سفیدی نمونه های برنج پخته شده مشاهده نکردند.

Thipayarat و Leelayuthsoontorn (۲۰۰۶) به بررسی اثرات دماهای بالا و فشارهای مختلف بر روی خصوصیات بافتی و ریخت شناسی برنج پخته شده پرداختند. آنها بیان کردند که دمای پخت به عنوان یک فاکتور مهم بر روی میزان سفیدی تأثیرگذار است به طوری که با افزایش دمای پخت درجه سفیدی کاهش می یابد. میزان روشنی برنج پیش جوش شده با افزایش دمای بخار

روند نزولی به خود می گیرد (Islam et al., 2004) به عبارت دیگر، با گسترش فرآیند پیش جوش کردن میزان تیرگی شلتوک (برنج خشن) افزایش می یابد (Bhattacharya, 1996). به طور کلی هر چقدر تمایل مولکول های نشاسته به ایجاد پیوند با مولکولهای آب بیشتر باشد (پیوندهای بیشتر نشاسته آب - حلالیت بیشتر نشاسته) احتمال ایجاد پیوندهای نشاسته نشاسته کمتر می شود که منتهی به افزایش شفافیت ژل نشاسته خواهد شد (Hu et al., 2014). همان طور که نتایج آزمون حلالیت در آب نشاسته های شاهد و فراصوت شده نشان داد میزان حلالیت به دنبال اعمال فراصوت به طور معنی داری افزایش پیدا میکند در خصوص تأثیر فرایند فراصوت بر افزایش شفافیت ژل نشاسته نتایج مشابه ی توسط Lim و همکاران (۲۰۱۹) جامبارک و همکاران (۲۰۱۰) گزارش شده است (Bel et al., 2013; Lim et al., 2019; Jambrak et al., 2010;) در پژوهشی Bel و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند که ژل نشاسته پس از اعمال فراصوت به طور کامل شفاف می شود که دلیل این امر را کاهش اندازه ذرات مولکول های نشاسته عنوان کردند (Bel et al., 2013).

همانطور که مشاهده می شود در مورد هر دو نوع نشاسته و در اعمال تیمارهای مختلف با اعمال تیمارهای مختلف میزان تغییرات رنگی افزایش پیدا کرد. کریمی و همکاران در سال ۱۳۷۸ و Chung و همکاران در سال ۲۰۰۳ نیز نتایج مشابهی را در مورد نشاسته های مختلف گزارش کردند. این افزایش شفافیت می تواند دلیل کوچکتر شدن مولکولهای نشاسته در اثر اعمال فرایند فراصوت و عبور بهتر نور باشد (Craig et al., 2018).

در اثر فرایند فراصوت در نشاسته با ایجاد اتصالات عرضی میزان شفافیت در مقایسه با نشاسته طبیعی کاهش یافت با ایجاد اتصالات عرضی مولکول ها بزرگ تر شده و در ساختار گرانول ها تغییراتی به وجود می آید. علاوه بر این کاهش جذب آب در نشاسته با اتصالات عرضی نیز می تواند در کاهش شفافیت محلول این نوع نشاسته نسبت به نشاسته طبیعی موثر باشد (Kaur et al., 2006; Khondkar et al., 2009 and Koo et al., 2010) با توجه به نتایج مشاهده می شود که افزایش زمان اعمال فرایند حرارتی از ۲ به ۴ ساعت در نشاسته طبیعی تیمار شده با فرایند، فراصوت در زمان های مختلف باعث افزایش شفافیت گردید. ضمن اینکه در مقوله شکست پلیمرها توسط امواج فراصوت پدیده کاویتاسیون به غیر از اعمال خسارات فیزیکی به مولکول ها بوسیله مکانیسم شیمیایی تولید رادیکالهای آزاد، نیز مولکولها را تحت تاثیر قرار می دهد. امکان برخورد و واکنش بین رادیکال های پر انرژی و مولکول های پلیمر در دماهای پایین بدلیل تحرک کمتر مولکول ها کاهش می یابد.

نتیجه گیری

به نظر می رسد با افزایش زمان فرایند روشنایی ژل نشاسته تیمار شده افزایش یافت. دلیل افزایش روشنایی و شفافیت ژل نمونه ها با افزایش مدت زمان اعمال فرایند شکسته شدن و کوچکتر شدن مولکول و نتیجتاً عبور بهتر نور باشد همچنین در نشاسته با اتصالات عرضی، میزان روشنایی و شفافیت در مقایسه با نشاسته طبیعی کمتر بود. در اثر فرایند فراصوت در نشاسته با ایجاد اتصالات عرضی میزان شفافیت در مقایسه با نشاسته طبیعی کاهش یافت با ایجاد اتصالات عرضی مولکول ها بزرگ تر شده و در ساختار گرانول ها تغییراتی به وجود می آید. علاوه بر این کاهش جذب آب در نشاسته با اتصالات عرضی نیز می تواند در کاهش شفافیت محلول این نوع نشاسته نسبت به نشاسته طبیعی موثر باشد.

منابع:

- Ashwar, B.A., Gani, A., Wani, I. A., Shah, A., Masoodi, F.A., and Saxena, D.C. 2019. Production of resistant starch from rice by dual autoclaving-retrogradation treatment: Invitro digestibility, thermal and structural characterization. *Food Hydrocolloids*. 56: 108–117.
- Bao, J., Bergman, C.J. 2004. The Functionality Of Rice Starch. In A.-C. Eliasson (Ed.), *Starch in food – structure function and applications*. Cambridge: Woodhead Publishing Limited.
- Bel Haaj, S., Magnin, A., Pétrier, C., and Boufi, S. 2013. Starch nanoparticles formation via high power ultrasonication. *Carbohydrate Polymers*. 92: 1625–1632.
- Bel Haaj, S., Magnin, A., Pétrier, C., and Boufi, S. 2020. Starch nanoparticles formation via high power ultrasonication. *Carbohydrate Polymers*. 92: 1625–1632.
- Bhattacharya, S. 1996. Kinetics on colour changes in rice due to parboiling. *Journal of Food Engineering*, 29: 99–106.
- Chung, K. M., Moon, T. W., Kim, H., & Chun, J. K. (2002). Physicochemical Properties of Sonicated Mung Bean, Potato, and Rice Starches. *Cereal Chemistry*, 79(5), 631–633.
- Chung, K.M., Moon, T.W., Kim, H., Chun, J.k. 2002. Physicochemical properties of sonicated mung bean, potato, and rice starches. *Cereal Chemistry*, 79: 631–633.
- Cooke, D., Gidley, M.J. 2018. Loss of crystalline and molecular order during starch gelatinization: origin of the enthalpic transition. *Carbohydrate Research*, 227: 103–112.
- Cooper RG. 2019. Effective Gating: make Product Innovation more Productive by using Gates with Teeth, *Marketing Management Magazine*, March/April: 12 -17.
- Craig, S. A. S., Maningat, C. C., Seib, P. A., & Hosney, R. C. (2018). Starch paste clarity. *Cereal Chemistry*., 66(3), 173–182.
- Donovan, J.W. 2018. Phase transitions of the starch–water system. *Biopolymers*, 18: 263–275.
- Eliasson, A.-C., Gudmundsson, M. 2006. Starch: Physicochemical and Functional Aspects. In *Carbohydrates in Food*. Eliasson, A.-C. Ed. -2nd ed. Taylor & Francis Group, LLC.
- Earle MD. 2020. Innovation in the food industry. *Trends in Food Science & Technology*, 5: 166 -175.
- Freudig, B., Tesch, S., Schubert H. 2003. Production of emulsions in highpressure homogenizers – Part II: Influence of cavitation on droplet breakup. *Engineering in Life Sciences*, 3: 266–270.
- Ghasemi, E., Hamed Mosavian, M.T., Haddad Khodaparast, M.H. 2008. The effect of acetic and lactic acid on the oil uptake, texture and color of rice (sang tarom) during cooking. *World Applied Sciences Journal*, 4: 183–187.
- Gurumurthy, Anand, Kodali, Rambabu (2012) "An application of analytic hierarchy process for the selection of a methodology to improve the product development process", *Journal of Modelling in Management*, Vol 7 Iss 1, pp.97–121.
- Herceg, I.L., Jambrak, A.R., Šubarić, D., Brnčić, M., Brnčić, S.R. Badanjak, M., Tripalo, B., Ježek, D., Novotni, D., Herceg, Z. 2010. Texture and pasting properties of ultrasonically treated corn starch. *Czech Journal of Food Science*, 28: 83–93.
- Herceg, I.L., Jambrak, A.R., Šubarić, D., Brnčić, M., Brnčić, S.R. Badanjak, M., Tripalo, B., Ježek, D., Novotni, D., Herceg, Z. 2010. Texture and pasting properties of ultrasonically treated corn starch. *Czech Journal of Food Science*, 28: 83–93.
- Hu, A., Li, L., Zheng, J., Lu, J., Meng, X., Liu, Y., and Rizwan-ur-Rehman, N. 2014. Different-frequency ultrasonic effects on properties and structure of corn starch. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 94: 2929–2934.
- Hu, A., Li, L., Zheng, J., Lu, J., Meng, X., Liu, Y., and Rizwan-ur-Rehman, N. 2014. Different-frequency ultrasonic effects on properties and structure of corn starch. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 94: 2929–2934.

Comparison of the effects of hydrothermal, ultrasonic and freezing-ultrasonic processes on the color characteristics of wheat and corn starches

Samaneh Maleki¹, Aazam Aarabi^{2*}, Farhad Azimi Far³, Hassan Zaki Dizaji⁴

- 1 Ph.D. student, Department of Food Science and Technology, Shahreza Branch, Islamic Azad University, Shahreza, Iran.
- 2 Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Najafabad, Iran. aarabi@smt.iaun.ac.ir ,
- 3 Assistant Professor, Department of biomedical engineering, Isfahan (khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran
- 4 Associate Professor, Department of Biosystems Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.

*Corresponding Author's E- mail: aarabi@pmt.iaun.ac.ir

Abstract

Starch is one of the types of polysaccharides, which is of special importance as a natural industrial polymer due to its cheap price, abundance, degradability, and regeneration. Starch in its original form does not have the physical and chemical properties necessary for the processes. With the help of starch modification, its use can be increased in various industries. In this research, corn and wheat starches were subjected to hydrothermal treatments for 2 and 4 hours (HMT 4, HMT2), ultrasound for 10 and 20 minutes (UT10, UT20) and combined ultrasonic freezing process (FUT) and the treated starches were evaluated in terms of color parameters. The results showed that there is a significant difference between corn and wheat starches in all treatments. Also, in the intra-treatment comparison, a significant difference was seen between the control sample and the treated samples. Thus, the highest value of whiteness index was found for HMT 4 and the lowest value of index was found for ultrasonic samples of UT20, and the value of whiteness index was observed in corn samples more than wheat starch. The results showed that the highest amount of yellowness was seen in the FUT sample.

Key words: Starch modification, ultrasound, color evaluation