



ارائه شده توسط:

سایت ترجمه فا

مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده

از نشریات معتبر

# کاربرد یک میدان فرا صوت یکنواخت سطح پایین برای تسریع زیست فراوری

## انزیمی پنبه

تولید زیست فراوری انزیمی پنبه به میزان قابل توجهی خطر کمتری دارد، پساب آن به آسانی زیست تخریب پذیر است، هنوز چند نقص، مانند هزینه های فراوری گران و نرخ واکنش آهسته، که مانع پذیرش آن در سطح صنعتی می باشد، وجود دارد. تحقیقات ما نشان داد که معرفی یک انرژی کم، در راه حل های آنزیم فراوری فراصوت یکنواخت تا به میزان قابل توجهی کارایی آنزیم ها را افزایش داده و سرعت واکنش خود بهبود یافته است. ثابت شده است که در بر داشت زیر ویژگی های خاص از ترکیب آنزیم /زیست فراوری انزیمی پنبه بسیار مهم عبارتند از:

الف) اثرات کاویتاسیون ناشی از معرفی یک میدان فراصوت در فراوری آنزیم تا حد زیادی افزایش جابجایی مولکول های آنزیم نسبت به سطح بستر را ایجاد می کند، ب) تاثیر مکانیکی تولید شده توسط فروپاشی حباب های کاویتاسیون، یکی از مزایای مهم را فراهم می کند، که از "باز کردن" سطح بسترهای جامد به عمل آنزیم ایجاد می شود، ج) اثر کاویتاسیون چند صد برابر بیشتر در سیستم ناهمگن (جامد بستر مایع) نسبت به سیستم های همگن است، و د) در آب، حداکثر اثر کاویتاسیون در  $50\text{ C}^{\circ}$  است، که درجه حرارت مطلوب برای بسیاری از آنزیم های صنعتی می باشد. در مقیاس آزمایشگاهی، معرفی انرژی فراصوت در محفظه واکنش در طول زیست فراوری انزیمی پارچه پلی استری و آنزیم زیستی تبدیل ماشین پنبه پاک کنی و پسماند کتان و پنبه کهنه منجر به بهبود قابل توجهی در بهره وری آنزیم می شود.

کلمات کلیدی: آنزیم، فراصوت، پنبه، پسماند کتان و پنبه، بیوفیول (سوخت بیولوژیکی)

### مقدمه

از اواسط سال 1990 میلادی، استفاده از آنزیم های مختلف در صنعت نساجی، مانند پنبه بطور قابل توجهی افزایش یافته است، به خصوص در فراوری طبیعی، الیاف ارزش بیشتری پیدا کردند. مزیت عمده آنزیم زیستی فراوری است

که استفاده از آنزیم خیلی بیشتر با محیط زیست سازگار است و واکنش های کاتالیز بسیار خاص هستند، بنابراین اطمینان عملکرد بالاتر است. در مقابل، استفاده سنتی از مواد شیمیایی آلی / معدنی برای زیست فراوری آنزیمی پنبه تولید مقادیر زیادی از پساب سمی را موجب می شود ، که اغلب عوارض جانبی نامطلوب، مانند کاهش در درجه پلیمریزاسیون سلولز را القا می کنند . آنزیم های مورد استفاده در زیست فراوری آنزیمی پنبه ، به عنوان کاتالیزور اقدام به ، سرعت بخشیدن به واکنش های پیچیده زیستی و شیمیایی مانند هیدرولیز سلولز (با سلولاز)، پکتین (توسط آنزیم پکتیناز)، نشاسته (توسط آمیلاز)، و ترکیبات مبتنی بر تری گلیسرید در چربی ها و روغن ها (توسط لیپاز) می کنند.

هنگامی که آن ها به عنوان کاتالیزور عمل می کنند، غلظت نسبتا کمی از آنزیم ها مورد نیاز هستند. اگر شرایط مطلوب به آنزیم های خاص اعمال شود، چندین بار در طول فرآیند تکرار می شود.

دیگر مزایای بالقوه آنزیم زیستی شامل کاهش هزینه از طریق صرفه جویی در انرژی و آب، و بهبود کیفیت محصول است . حتی پذیرش بیشتر آنزیم زیستی توسط صنعت نساجی در آینده نزدیک احتمالا از افزایش فشارهای قانونی، از بخشی از دولت ها در سراسر جهان خواهد بود، که به شدت موجب کاهش مقدار سمی بودن پساب نساجی خواهد شد.

در سال های اخیر، تقاضا در سراسر جهان برای انرژی بالا بوده و منابع نفتی ناپایدار به تدریج گران تر تحمیل می شوند . سوخت های جدید در جابجایی و توسعه یافته اند ، مانند اتانول در مواد خام زیست توده مختلف، از جمله منابع سلولز گیاهی، مانند ماشین پنبه پاک کنی و زباله مورد استفاده قرار گرفته. در حال حاضر، تولید مقرون به صرفه رقابتی برای بیو اتانول سلولزی است که عمدتا توسط هزینه های بالا و بهره وری پایین از هیدرولیز آنزیمی از سلولز گیاهی ممنوع است. با این وجود اخیرا، در هزینه تولید آنزیم سلولئوتیک کاهش قابل توجهی ایجاد شده، تبدیل واقعی سلولز گیاهی به قندها هنوز یک گام گران و کند است.

یکی از مهم ترین مراحل این تبدیل کارخانه سلولز به سوخت های بیولوژیکی استخدام واکنش هیدرولیز بین یک آنزیم بسیار خاص و بستر تطبیق (به عنوان مثال ماشین پنبه پاک کنی / پرز سلولز زباله با سلولاز) ، قندهای محلول،

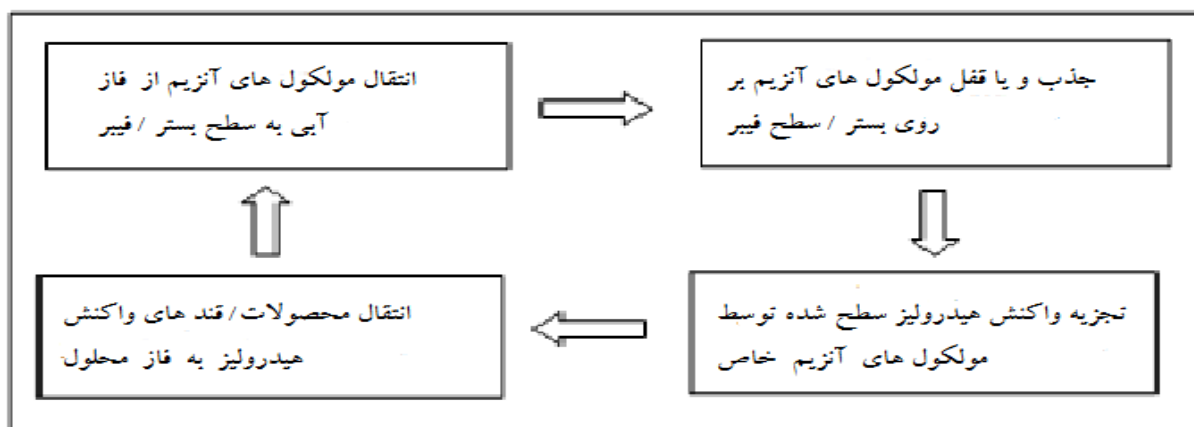
در نتیجه منجر می شود که به راحتی در گام پس از آن به اتانول تبدیل شود. برنامه های کاربردی آنزیم معمولی برای زیست فراوری آنزیمی پنبه و ضایعات پنبه سلولز در جدول 1 خلاصه شده است .

جدول 1 نمونه های معمولی از آنزیم های مورد استفاده در زیست فراوری آنزیمی پنبه

مزیت	آنزیم ها	کاربرد
حذف نشاسته از سطح فیبر	آمیلاز	کاهش اندازه پنبه
جلوگیری از رشد، پروتئین ها، پکتین و چربی های طبیعی در سطح الیاف پنبه	پاکتینازها، سلولازها، لیپاز	پنبه زنی
تصفیه پساب با حذف H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> باقی مانده	کاتالاز	شکست پراکسید هیدروژن
بهبود در پارچه پنبه و لباس با برداشتن فیبر ریش ریش شده و قرص از سطح بستر ظاهر شده	سلولازها	پایان زیستی از پنبه
"سنگ-شوینده" تولید ظاهر ساله و مد روز از پارچه جین	سلولازها	سنگ شور کردن زیستی
"سنگ-شوینده" بدون از دست دادن قدرت پارچه	لاکازها	سفید کردن زیستی جین
حذف خاک و لکه ها	مخلوط اختصاصی از آنزیم	شستشوی البسه
قندهای محلول تولید شده، پس از آن به راحتی به اتانول تبدیل می شوند	سلولازها	تبدیل هیدرولیتیک ماشین پنبه پاک کنی و پرز سلولز زباله

علاوه بر مزایای متعدد از زیست فراوری آنزیمی پنبه و ضایعات پنبه سلولز، کاستی ها حیاتی - مانند هزینه های فراوری اضافه شده و مهمتر از همه، نرخ واکنش آهسته - باید ذکر شود. زیست فراوری آنزیمی پنبه ، مانند هر سیستم مرطوب دیگر، شامل انتقال جرم (مولکول های آنزیم) از محیط فراوری مایع (محلول آنزیم) در سراسر سطح

بستر است. مکانیزم واکنش های آنزیمی، کاملاً پیچیده است، و هنوز در حال بررسی می باشد. در شرایط بسیار کلی، واکنش آنزیمی می تواند با توجه به مراحل شکل 1 انجام شود. حداقل دو مرحله از واکنش های آنزیمی (1 و 4) شامل جابجایی مولکول های آنزیم و محصولات واکنش آنزیمی به سطح بستر توصیف شده اند. از آنجا که هر دو مرحله توسط انتشار کنترل می شوند، سرعت واکنش کلی از هیدرولیز آنزیمی می باشد که توسط میزان انتشار مولکول های آنزیم اداره می شود. به طور کلی، مولکول های آنزیم سه بعدی نرخ نفوذ بسیار کم و همچنین تمایل به واکنش با الیاف سلولزی از نخ پنبه ای، که می تواند در آسیب بیش از حد فیبر پدید آید نشان می دهند. پیشنهاد شده است که فراصوت از راه حل های فراوری آنزیم در شرایط خاص می تواند یک مکانیزم جابجایی بسیار کارآمد تر برای مولکول های آنزیم در سرتاسر لایه مرزی مایع در سطح بستر فراهم کند.



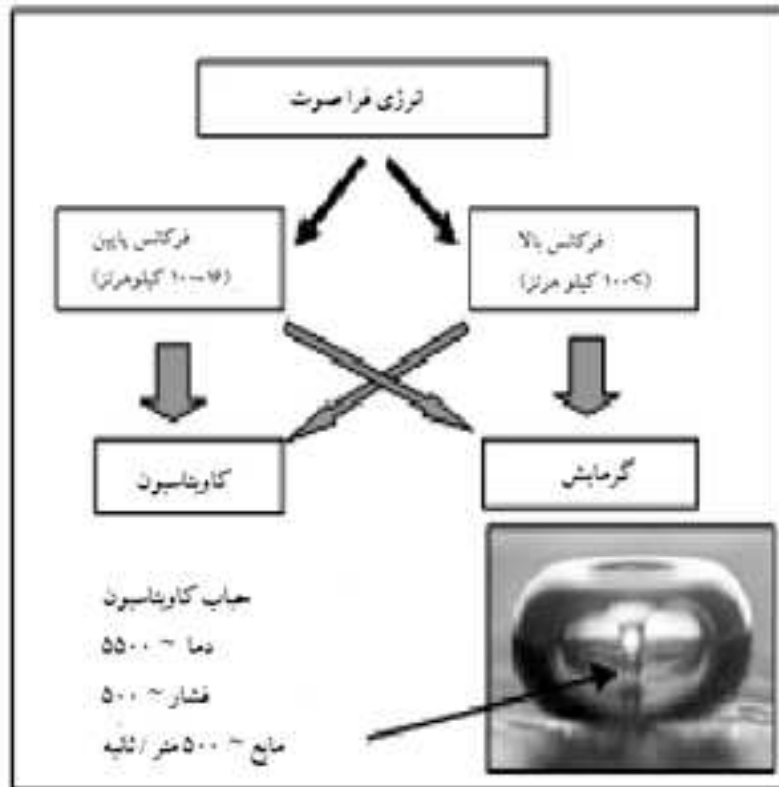
شکل 1: نمودار شماتیک از مراحل کلی واکنش آنزیمی در بستر جامد

#### ابعاد فنی استفاده از فراصوت برای تسریع فراوری زیستی آنزیمی

به طور کلی، ارائه انرژی فراصوت به محیط مایع دارای دو اثر اولیه: کاویتاسیون و گرمایش است (شکل 2). در فراوری زیستی آنزیمی، از این دو مهم تر تشکیل کاویتاسیون، رشد و فروپاشی حباب در مایع است. پویایی و رشد حفره و فروپاشی به شدت وابسته به نوع مایع، حضور گونه های حل شده در گازها و مایعات در دمای مایع می باشد.

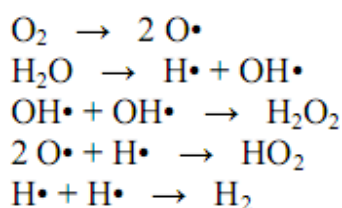
انفجار حباب کاویتاسیون باعث فشردگی نسبی بخارات اضافی در داخل حفره، و در نتیجه بالا بردن فشار آن تا حدود (500) و دما تا حدود ( $5500\text{ C}^\circ$ ) در شرایط پلاسما می شود. بسیار مهم، فراصوت مایع در فرکانس های

انرژی فراصوت، پایین ترین پراکندگی را از طریق پدیده کاویتاسیون پدید می آورد، در حالی که فراصوت در فرکانس های پراکندگی بالا مقدار قابل توجهی از انرژی را از طریق حرارت به منابع می دهند. بخارات اضافی در داخل حباب حفره توسط فروپاشی آن فشرده و بخارات به چند هزار درجه سانتیگراد می رسند، این بخارات محبوس تا حد زیادی جدا می شوند.



شکل 2: نمودار شماتیک از خواص اساسی فراصوت

به عنوان یک نتیجه، یک تابش فراصوت قدرتمند مایعات مجموعه ای از واکنش های شیمیایی با انرژی بالا است که برای سال های بسیاری مورد بررسی قرار گرفته و تولید شده است. آب، از فروپاشی حباب حفره تولید واسطه های با انرژی بالا، مانند  $\cdot H$  (هیدروژن اتمی)،  $\cdot OH$  (هیدروکسیل)،  $e^-_{aq}$  (الکترون solvate)،  $H_2O_2$  (پراکسید هیدروژن)،  $HO_2$  (دیسموتاز) و،  $H_2$  (هیدروژن مولکولی). یک نام تجاری متمایز ویژه شیمی به طور خاص به بررسی تعاملات واکنش از این واسطه با انرژی بالا با گونه های مختلف حل شده در یک مایع:



به نظر می رسد که شکل گیری چنین واسطه بسیار واکنش پذیری با سقوط حباب حفره به طور قابل توجهی باید در دراز مدت در ثبات / فعالیت کاتالیزوری مولکول های آنزیم حل تاثیر گذارد. برداشت عمومی این بود که این واسطه و امواج شوک قدرتمند، ناشی از فروپاشی حباب کاویتاسیون، به شدت می تواند آسیب بینند و یا، حداقل، ساختارهای غیر فعال بسیار حساس و پیچیده از پروتئین آنزیم باشد. با این حال، هنگامی که فراصوت به طور خاص برای غیر فعال کردن آنزیم و خاتمه فعالیت آنزیمی بررسی شد، بازده غیر فعال آن بسیار کم بوده است، در یک مثال دیگر، گزارش شد که اثر ترکیبی از گرما، امواج مافوق صوت و فشار، با موفقیت محدود به کار گرفته شده است، برای غیر فعال کردن برخی از آنزیم های مقاوم به حرارت. نویسنده نشان داد که اثر هم افزایی مونوترموسانیکاسیون می تواند در برابر آنزیم مقاومت باشد و به غیر از فعالیت حرارتی رشته های کوچک را کاهش دهد.

در مرور جامع دیگر از اثر ترکیبی گرما، فشار و فرا صوت در میکروارگانیزم ها و آنزیم ها، نویسندگان نتیجه گرفتند که مقاوم ترین میکروارگانیزم ها و آنزیم ها به فرا صوت زیاد است که شدت مورد نیاز از یک درمان فراصوت غیر عملی است. یک توضیح احتمالی از ناکارآمدی آشکار از فراصوت برای غیر فعال کردن مولکول های آنزیم می تواند فقط نسبت بسیار کم خود را به مقدار زیادی از مولکول های حلال (به عنوان مثال آب) در غلظت فرآوری آنزیم 4-5 گرم / لیتر به طور معمول استفاده می شود. بنابراین، احتمال مولکول های آنزیم در یک حباب کاویتاسیون کشف شده است و با برخورد واسطه بسیار واکنش پذیر توسط حباب فروپاشی باید بسیار کم باشد.

همان طور که در منابع نیز مطرح شده است، اگر فراصوت، در فعالیت اختصاصی آنزیم صنعتی به هیچ وجه به اندازه قابل توجه تاثیر نمی گذارد، می تواند آن را برای تشدید فرآوری آنزیمی بسترهای مبتنی بر سلولز از طریق بهبود جابجای مولکول های آنزیم نسبت به سطح بستر استفاده کرد. بر خلاف فروپاشی حباب های کاویتاسیون در سیستم های همگن (رابط مایع مایع)، در سیستم های ناهمگن (به عنوان مثال آنزیم حل سلولز) فروپاشی حباب های حفره

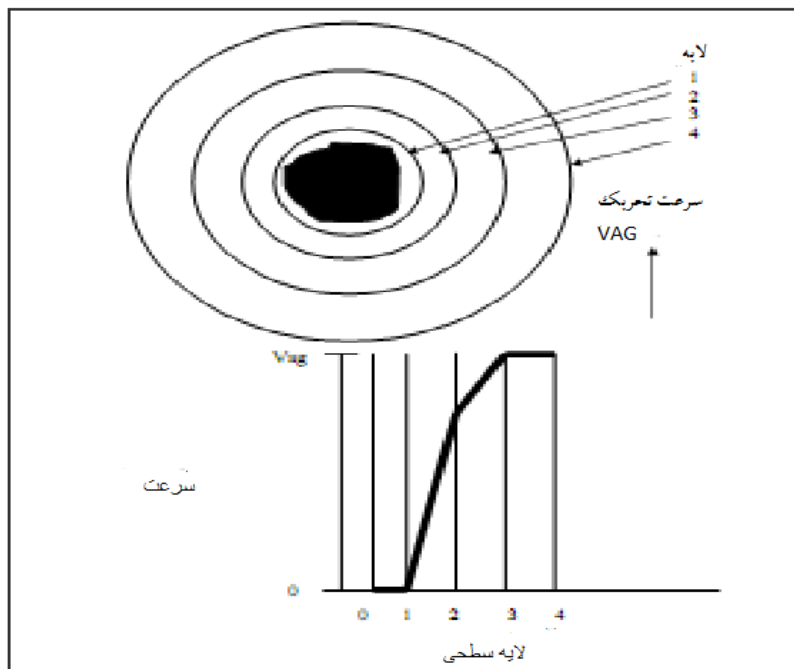
سازی و یا در نزدیکی سطح غیر متقارن فروپاشی صورت می گیرد، از آنجا که سطح مقاومت در برابر جریان مایع فراهم می کند. در نتیجه سرعت مایع عمدتاً از طرف مقابل حباب (دور از سطح بستر) است، سرعت مایع از یک هواپیمای جت قدرتمندتر است (تقریباً 500 متر / ثانیه) و در سطح هدفمند تشکیل شده است. همچنین، به دلیل کاهش مقاومت کششی مایع در رابط مایع جامد، می توان در سیستم های ناهمگن از شدت فراصوت کمتر استفاده کرد.

این بسیار مهم است که فروپاشی سریع حباب های کاویتاسیون در مایع بلافاصله اطراف حباب تولید نیروهای برشی قابل توجه کنند و در نتیجه، یک اثر مکانیکی تکان دهنده قوی ایجاد کنند. این اثر به طور قابل توجهی می تواند باعث افزایش جرم و انتقال حرارت به سطح بستر، با برهم زدن لایه مرزی سطحی، در عملکرد کاتالیزوری مولکول های آنزیم جذب شده بر روی سطح بستر شود. به طور کلی، همچنین جابجایی نفوذ مولکول های آنزیم به سمت سطح بستر جامد را می توان با درجه خاصی توسط تحریک مکانیکی ساده محلول فرآوری افزایش داد، هر چند به خوبی مشخص شده که تحریک مکانیکی یک مکانیسم تکان دهنده برای لایه مرزی مایع در یک رابط جامد و مایع بسیار موثر است، که در آن در واقع واکنش آنزیمی رخ می دهد. شکل 3 توزیع شماتیک از سرعت در لایه های مایع متحدالمرکز در اطراف ذرات جامد (بستر) ارائه داده است.

اولین، لایه مایع در رابط های جامد و مایع بی حرکت است، در حالی که سرعت در لایه های زیر به سرعت به حداکثر مقدار ثابت توسط قدرت تحریک افزایش میابد. از آنجا که، لایه تنظیم شده از مایع در یک رابط جامد و مایع عملاً بی حرکت است، تنها جابجایی دسترس برای آنزیم مولکول برای رسیدن به سطح نفوذ بستر که در مورد چنین مولکول های پروتئینی بزرگ (Da 250 000-50 000) بسیار ناکارآمد می باشد. هنگامی که کاویتاسیون میکروسکوپی فروپاشی حباب در مجاورت یک سطح بستر را نشان داد، آن ها تولید امواج ضربه ای قدرتمند می کنند که عوامل موثر برای برهم زدن / مخلوط کردن این لایه تنظیم شده از مایع است. این امواج شوک، توسط حباب های کاویتاسیون سقوط در و در نزدیکی سطح بستر تولید شده است (به عنوان مثال الیاف سلولزی)، یک مکانیسم تکان دهنده ایده آل برای لایه فوری مایع در رابط مایع جامد است، که در آن واکنش آنزیم در محل. تکان



دهنده قوی / مخلوط کردن این لایه بی حرکت مایع به طور معمول و تا حد زیادی تامین مولکول های آنزیم به سطح بستر را بهبود می بخشد.



شکل 3: توزیع شماتیک سرعت از لایه های مایع متحدالمرکز در اطراف ذرات جامد (بستر)

بنابراین، ویژگی های خاص از پدیده کاویتاسیون برای برنامه های کاربردی زیستی فرآوری عملی بسیار مهم است: الف) اثر کاویتاسیون چند در سیستم ناهمگن صد برابر (به عنوان مثال فرایندهای نساجی ، هیدرولیز آنزیمی از سلولز گیاهی) نسبت به سیستم های همگن است و ب) در آب، حداکثر اثر کاویتاسیون در  $50\text{ C}^\circ$  است، که دمای نزدیک به دمای مطلوب برای بسیاری از برنامه های زیستی فرآوری آنزیمی است. اساساً، معرفی یکنواخت انرژی فراصوت به سیستم های ناهمگن که اکثریت حباب های کاویتاسیون در مجاورت فوری از رابط های جامد و مایع تولید خواهد شد ، به دلیل عدم تقارن کشش سطحی در حالی که، در مورد سیستم های همگن، حباب های کاویتاسیون به طور مساوی در سراسر بخش های عمده ای از راه حل فرآوری توزیع خواهد شد.

همچنین مهم است که، در مورد سیستم های ناهمگن، بیشتر حباب کاویتاسیون نزدیک به سطح بستر تولید شوند و در نتیجه سطح بسترهای جامد با عمل آنزیم مولکول ها، به عنوان یک نتیجه از اثرات مکانیکی تولید شده توسط فروپاشی حباب حفره یاد می شود.

یکی دیگر از دلایل ضرورت این است که ، با وجود ساختارهای نزدیک بسته بندی شده و به طور کلی مرتب و منظم خود، مولکول های آنزیم معمولاً به طور کامل سفت و سخت نیستند و برخی انعطاف پذیری های ساختاری ، کمک می کند تا آن ها به درستی دامنه فعال نسبی آن ها به بستر و موقعیت ایجاد شود . بنابراین، تکان شدید / لایه مرزی به طور معمول در رابط مایع جامد، ناشی از فراصوت است ، و باید مولکول های آنزیم به راحتی موقعیت خود را فقط بر روی بستر فراهم کنند. در نهایت، یکی دیگر از مزایای ارزشمند در تحریک این لایه مرزی با سقوط حباب های کایتاسیون به حذف بهبود یافته از محصولات واکنش هیدرولیز از منطقه واکنش، که همچنین باید به افزایش کلی در سرعت واکنش کمک می کند.

به طور خلاصه، به حداکثر رساندن مزایای انرژی فراصوت برای آنزیم زیستی فرآوری می توان به شرح زیر بیان شود :

- فرکانس فراصوت: به نظر می رسد که فرکانس فراصوت بهینه باید در محدوده 20-100 کیلو هرتز باشد. چنین فرکانس فراصوتی کمتر مفید می باشد زیرا:

الف) در فرکانس فراصوت بیشتر از طریق مکانیسم کایتاسیون و نه از طریق حرارت دادن تلف می شود ؛

ب) در فرکانس فراصوت کمتر تولید حباب های کایتاسیون بزرگتر است و بنابراین، قدرتمند تر است، در نتیجه ارائه شدید تر تکان دهنده / مخلوط کردن لایه مرزی از مایع در رابط های جامد و مایع اتفاق می افتد.

- انرژی فراصوت: به نظر می رسد که قدرت فراصوت بهینه باید  $2-10 \text{ W/cm}^3$  باشد. روش فراصوت کم انرژی از راه حل های فرآوری آنزیم و افزایش جابجایی مولکول های آنزیم ، بدون ایجاد مقادیر بیش از حد واسطه و بسیار واکنش پذیر است؛

- مقدمه یکنواخت از انرژی فراصوت : بسیار حائز اهمیت است که انرژی فراصوت شما در راه فرآوری یکنواخت باشد . این نسل یکنواخت حباب های کایتاسیون در سراسر محفظه واکنش داده و در نتیجه افزایش یکنواخت جابجایی از مولکول های آنزیم به سمت بستر را پدید می آورد ؛

- استفاده از فراصوت در سیستم های همگن در مقابل ناهمگن : از آنجا که اثرات کایتاسیون در سیستم های ناهمگن چند برابر سیستم های همگن هستند، به نظر می رسد که مقدمه ای از فراصوت می تواند از لحاظ اقتصادی

تنها برای سیستم های جامد و مایع قابل توجه باشد. در سیستم های همگن، تحریک مکانیکی بسیار گران ، کمتر خواهد بود که احتمالاً کافی است.

در کل، با وجود جذابیت ظاهری معرفی انرژی فراصوت برای تشدید زیست فرآوری آنزیمی از الیاف طبیعی، معلوم نیست به چه فراصوت با درجه ساختارهای پیچیده مولکولهای آنزیم تاثیر می گذارد و چگونه قابل توجهی از مزایای معرفی انرژی فراصوت می تواند باشد. هدف از آزمایش های ما به منظور بررسی اثر سطح پایین، درست فراصوت یکنواخت در:

الف) bioscouring آنزیمی منسوجات پنبه با پکتیناز، و

ب) آنزیمی زیستی تبدیل ماشین پنبه پاک کنی و زباله پرز سلولز به قند (برای تبدیل پس از آن به اتانول).

### تجربی

#### راکتور شش وجهی فراصوت

همه مطالعات تجربی از اثرات یک سطح پایین درست فراصوت یکنواخت بر روی زیستی فرآوری آنزیمی کردن با فراصوت شش وجهی راکتور (UHR)، توسط سونیک تولید شده و جست و جوی پیشرفته انجام شده است. این راکتور در مقیاس فراصوت متوسط انرژی فراصوت را از طریق شش مجموعه از مبدل های یکسان متصل به شش طرف محفظه شش ضلعی (حجم 4.0 لیتر) ایجاد می کند. چهره a4 و b4 نشان آزمایش، برای بررسی اثر فراصوت بر پکتیناز زیستی دانه و تبدیل هیدرولیتیک ماشین پنبه پاک کنی و زباله پرز سلولز به قند است.

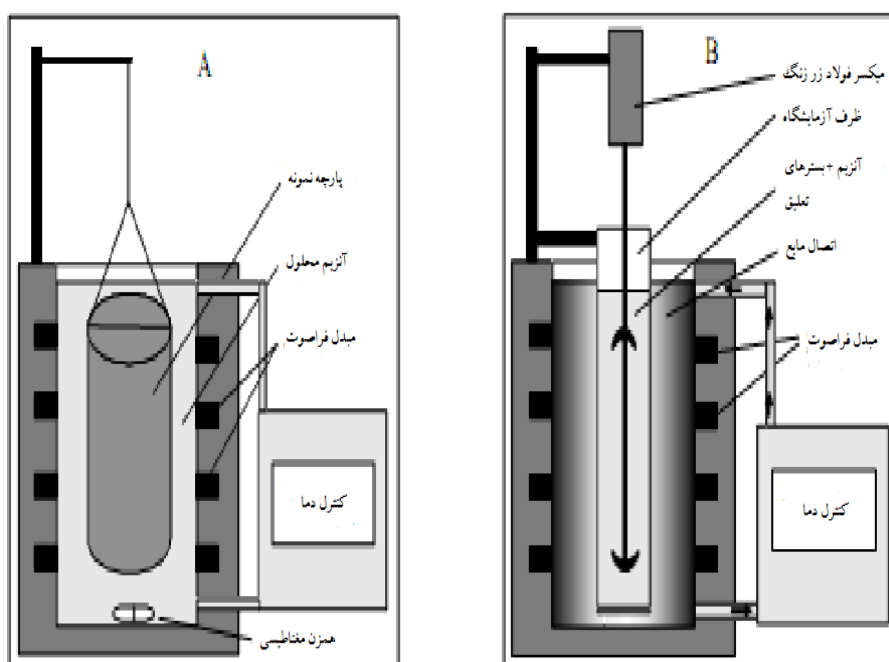
#### آزمایش زیستی دانه پکتیناز ترکیبی / فراصوت

دو نوع مختلف از پارچه پنبه، هر دو عرضه شده توسط شرکت تست پارچه ، برای آزمایش دانه های زیستی استفاده شد: در آزمایش 1 - پنبه سبک وزن (118 گرم / 2 متر) و در آزمایش 2 - پارچه کرباس سنگین (501 گرم / 2 متر) . برای آماده سازی نمونه گیری برای آزمایش زیستی دانه پکتیناز، تمام نمونه پارچه (127 457 X میلی متر) در اطراف لبه ها دوخته شد (برای جلوگیری از کشف در طول فرآوری) و با یک آنزیم آمیلاز در 50 درجه سانتی گراد کاهش اندازه ، به مدت 90 دقیقه. پس از تکمیل روش کاهش اندازه ، همه نمونه برای آهار باقی مانده

است (نشاسته) و با شاخص ید / پتاسیم مورد آزمایش قرار گرفتند. در آغاز هر آزمایش، راه حل آنزیم کار در یک محیط ژنراتور UHR از 20 آمپر به مدت 1 ساعت است. پس از گاززدایی، یک نمونه استوانه ای شکل از پارچه پنبه متصل شد (قلاب) به حمایت از حلقه سیم ، و سپس به فرآوری آنزیم در یک محفظه راکتور UHR غوطه ور و فراصوت برای داده 30، 45، 60 و 90 دقیقه، در یک UHR تنظیم ژنراتور از A 20 و تنظیم همزن مغناطیسی 200 دور در دقیقه است.

پس از درمان، تمام نمونه ها در آب DI برای 6 دقیقه پخته شد و به طور کامل با آب DI شسته شده اند، با حذف بقایای آنزیم و / یا محلول بافر . در نهایت، نمونه HVF در یک LTE در 140 درجه سانتی گراد ، 1 دقیقه، قبل از تست های آزمایشگاهی خالی و خشک شد. در تمام آزمایش، حداقل شش نمونه (3 ریسمان های + 3 پر) تحت شرایط یکسان تحت درمان قرار گرفتند، به طوری که هر آزمایش با تکرارپذیری اطلاعات خوب و قابل اطمینان به ما می دهد .  $21\text{ C}^{\circ}$  و 65٪ رطوبت : تمام اندازه گیری پارچه تحت شرایط ثابت انجام شد . در نتیجه رطوبت پذیری و سفیدی برای تمام نمونه ها اندازه گیری شد ، شرایط مختلف آنزیم پکتیناز و / یا فراصوت ، تعیین و با نمونه اصلی مقایسه شد .

رطوبت پذیری از نمونه درمان با توجه به مقاومت در برابر آب AATCC RA63، جذب و خیس کردن عامل تست ارزیابی مورد بررسی قرار گرفت (بر اساس اندازه گیری زمان که در طی آن آب در فاصله 3 سانتی متر در یک نوار از پارچه تست شده است). در آزمایش با کتان پنبه، آزمایش پس از 600 ثانیه متوقف شد، آن است که آیا علائم رسیده است یا نه، و آن را به عنوان < 600 ثانیه ثبت شد. در آزمایش با پارچه کرباس، آزمایش تا 1200 ثانیه اجرا شد. شاخص CIE سفیدی با اندازه گیری به طور متوسط از جلو و پشت هر نمونه پارچه تحت درمان با میلتنون رنگ ماته رنگ تجزیه و تحلیل مشخص شد.  $\alpha$ - یک آمیلاز از سیگما الدریخ fe پکتیکاز چند اثر بدست آمد و اکسلر از 1000 توسط مجموعه جینکور دیسکو بدست آمد. تست آنزیمی و شرایط واکنش برای همه آنزیم ها در جدول دو نشان داده شده است



شکل 4: نمودار شماتیک از شرایط آزمایشی راکتور شش وجهی فرا صوت برای فراوری زیستی آنزیمی پارچه های

کتان و هیدرولیز آنزیمی پنبه و نمونه های کتان

Enzyme	Activity, U/g	Buffer, M	pH	T, °C
$\alpha$ -Amylase from <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	250	Acetate: 0.05	5.0	50
Multifect Pectinase FE	145-180	Formate: 0.02	3.85	45
Accelerase 1000	Endoglucanase: 2500 against CMC Beta-Glucanase: 400 against pNG	Acetate: 0.05	5.0	50

جدول 2 سنجش آنزیم و شرایط واکنش

اکسلراز ترکیبی / فراصوت هیدرولیتیک آزمایش زیستی است. یک بشر از فولاد ضد زنگ (64 میلیمتر قطر؛ در 305 میلی متر ارتفاع؛ ~ 500 میلی لیتر) که حاوی جین ریز پنبه (آزمایش 3) و یا پرز (آزمایش 4) نمونه سلولز (ویلی آسیاب؛ 1-میلی متر صفحه نمایش) در مرکز یک راکتور قرار داده شد UHR قرار داده شد. برای تمام آزمایش تبدیل هیدرولیتیک اکسلراز، به ژنراتور فراصوت UHR تا 13 آمپر راه اندازی شد و یک مکانیسم تحریک خاص در

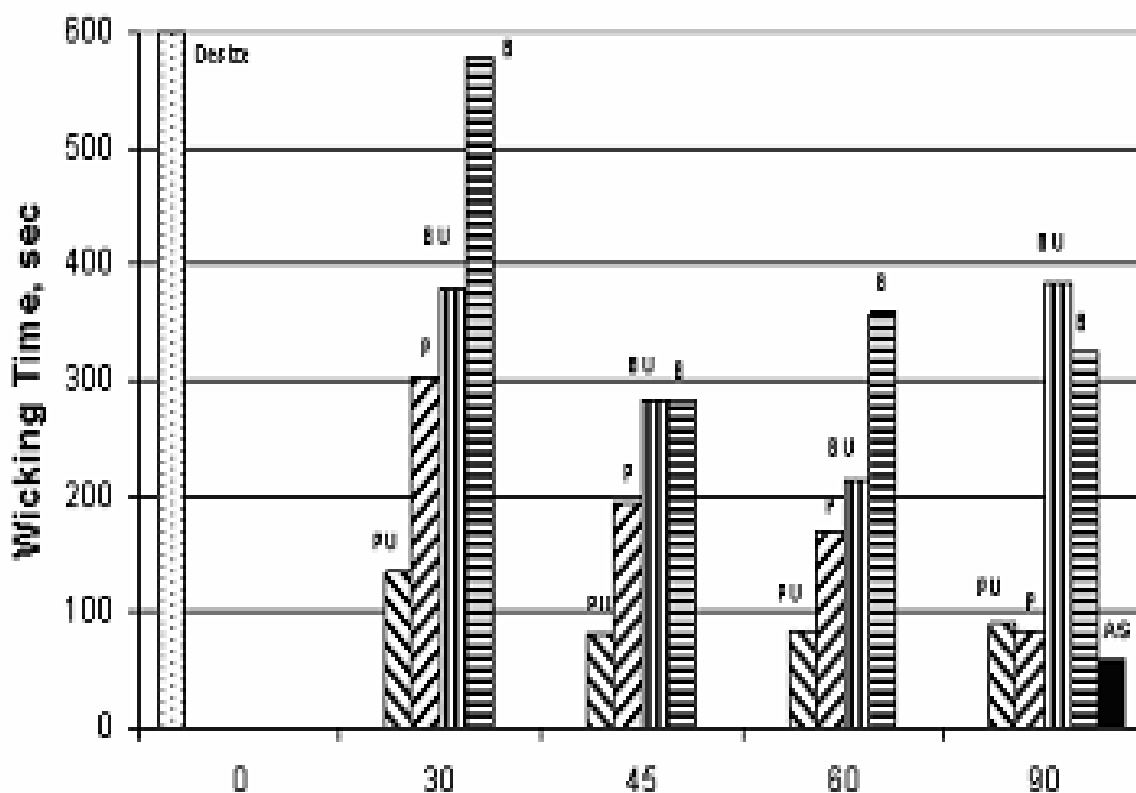
داخل بشر SS به کار گرفته شده : یک محور به آرامی (27 دور در دقیقه) با دو پره پروانه تکان دهنده تعلیق نمونه به حالت خلاف جریان (برای اطمینان از یک توزیع یکنواخت ذرات سلولز در سراسر حجم SS بشر) می چرخد .  
تعلیق در اکسلراز برای فراوری زیستی آنزیمی پارچه های کتان و هیدرولیز آنزیمی پنبه و نمونه های کتان بدون فراصوت، به ترتیب برای 5 و 8 ساعت اجرا شد. اولین نمونه (~ 5 میلی لیتر) بلافاصله پس از تکان دهنده (~ 5 دقیقه) تثبیت شد و به یک حمام آب جوش به مدت 5 دقیقه (یکسان برای کنترل بافر) قرار می گیرد، برای غیر فعال کردن آنزیم سلولاز اکسلراز. پس از روش نمونه در حمام یخ سرد شده بود، سانتریفیوژ ریخته شده به لوله 15 میلی لیتر و در 4000 دور در دقیقه به مدت 15 دقیقه بوده است. برداشت زیر نمونه (~ 5 میلی لیتر) هر نیم ساعت برای 3 ساعت اول ، و هر ساعت برای مدت زمان باقی مانده از آزمایش انجام شد. درجه تبدیل از فراوری زیستی آنزیمی پارچه های کتان و هیدرولیز آنزیمی پنبه به قندهای با اندازه گیری غلظت واقعی گلوکز در محلول فراوری شده است ، مطابق با نمونه DNS مشخص شد (فیشر DNS معرف؛ میلتن اسپکترونیک 21 دستگاه اسپکتروفتومتر؛ طول موج 540 نانومتر) . کنترل دمای اتوماتیک مایع جفت (و از نمونه ها در ظرف SS) در محفظه راکتور با یک کنترل دما NesLab RTE-211 حفظ شد.

### نتایج تجربی

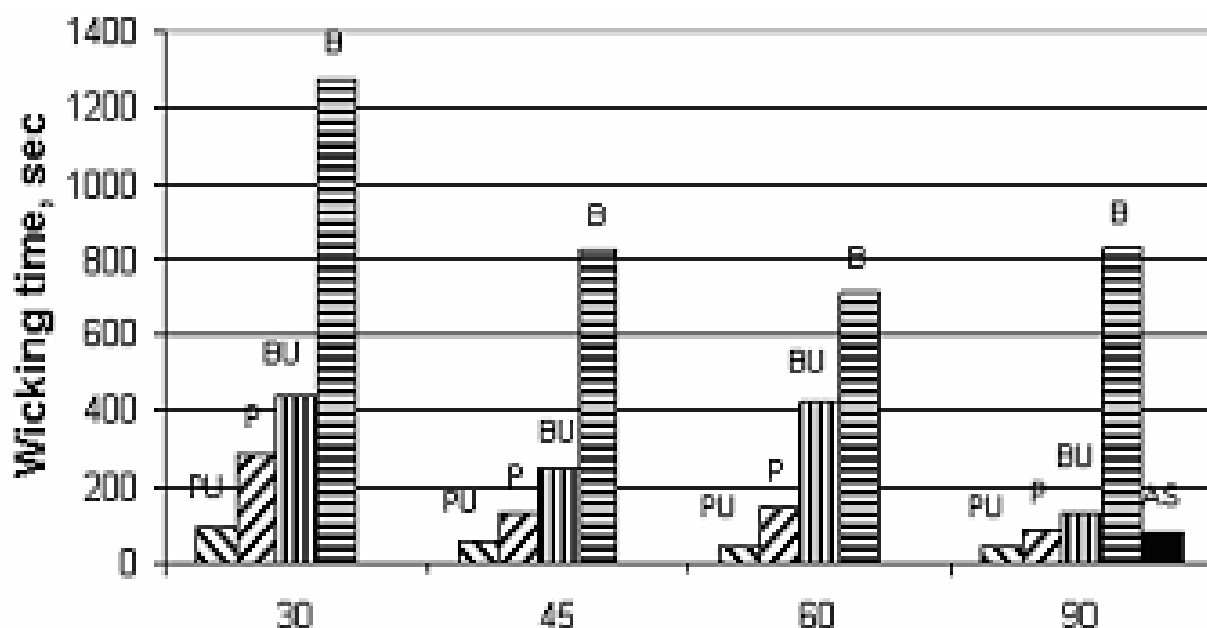
#### اثر فراصوت بر دانه های زیستی پکتیناز از پارچه پنبه

پارچه خام پنبه شامل ~ 90٪ سلولز و مختلف غیر سلولزی، مانند واکس، پکتین، پروتئین، چربی و ماده رنگ آمیزی می باشد. برای حذف این آبگریز غیر سلولزی و برای تولید الیاف که می تواند یکنواخت رنگ شده و به پایان رسند بسیار جاذب است ، پنبه به طور سنتی توسط جوش یک محلول هیدروکسید سدیم در حضور مواد مورد نیاز فراوری شده است. این فرایند صنعتی نیازمند مقادیر زیادی از آب و انرژی، و تولید یک پساب فاضلاب قلیایی است. پیشنهاد شده است که آنزیم پکتیناز ممکن است یک جایگزین با ارزش برای محلول های قلیایی سخت در تهیه پنبه باشد. در حال حاضر، آنزیم زیستی آماده سازی پنبه ، به نمایندگی از یک رویکرد نسبتاً جدید است، اغلب در مرحله رشد و نمو قرار دارند.

دو آزمایش زیستی آماده سازی در غلظت یکسان آنزیم، درجه حرارت، pH و قدرت فراصوت انجام شد؛ آزمایش پارچه کتان سبک وزن تست 1، ب: پارچه کتان سنگین وزن پارچه غواصی تست 2. به علاوه، آزمایشات شاهد انجام شد که در آن هر دو تست با استفاده از تنها یک بافر محلول تکرار شدند تا مشخص شود که آیا سونیکاسیون بر نمونه های پارچه اثر دارد یا خیر. متوسط رطوبت پذیری - (ریسمان های + پر) / 2 - نمونه پارچه درمان با / بدون فراصوت در شکل 5 ارائه شده است، و رطوبت پذیری متوسط نمونه پارچه غواصی - در شکل 6. با استفاده از اطلاعات شکل 5 و 6 نیز در حال حاضر رطوبت پذیری نمونه برطرف نشده است و کاهش اندازه دانه های قلیایی طبیعی است. اطلاعات نشان داد که در هر دو آزمایش، رطوبت پذیر اصلی، در نمونه عدم درمان به مراتب بیشتر از 1500 ثانیه بود.



شکل 5: بررسی تاثیر زمان درمان در رطوبت پذیری متوسط / 2 نمونه پارچه چاپ پنبه پس از پکتیناز زیستی دانه تحت شرایط فراصوت (آزمایش 1)

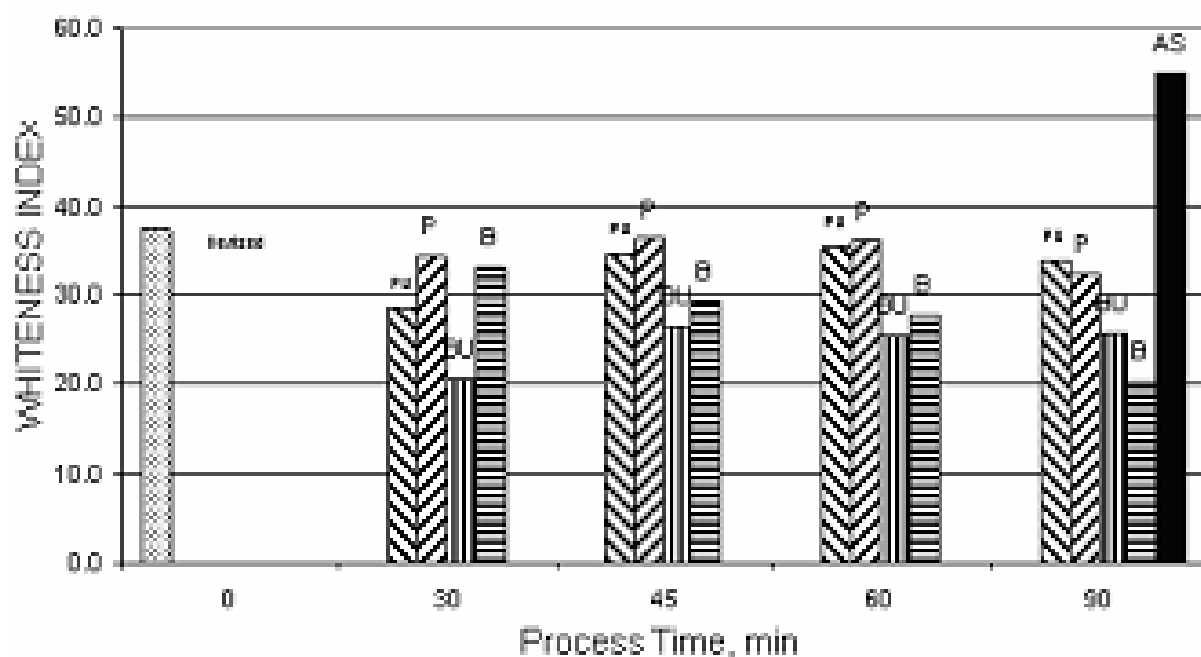


شکل 6: بررسی تاثیر زمان درمان به طور متوسط رطوبت پذیری / 2 نمونه پارچه کرباس پس از پکتیناز زیستی دانه تحت شرایط فراصوت (آزمایش 2)

داده های تجربی در رطوبت پذیری تمام نمونه های درمانی برای هر دو نوع از پارچه پنبه به وضوح نشان می دهد که مقدمه ای از یک میدان یکنواخت فراصوت سطح پایین در طول پکتیناز زیستی تا حد زیادی بیانگر سرعت این فرآیند است. در تست 1، ارزش رطوبت پذیری نمونه تحت درمان با ترکیبی از آنزیم و فراصوت با نمونه های پس از یک درمان 45 دقیقه ای تحت درمان با دانه های قلیایی معمولی مقایسه شده بود. اثر فراصوت به خودی خود در زمان درمان 30، 45 و 60 دقیقه خوب بود، اما در درمان 90 دقیقه اینطور نبود. به طور مشابه، در آزمایش 2 (پنبه پارچه غواصی)، ارزش رطوبت پذیری با نمونه های پس از ترکیب آنزیم / درمان فراصوت با حالت قلیایی نمونه حتی پس از یک درمان 30 دقیقه ای قابل مقایسه بودند. همچنین، اثر فراصوت به خودی خود خوب بود. جالب توجه است، در هر دو آزمایش، معرفی انرژی فراصوت نیز تا حدی برای عملکرد محلول بافر استفاده می شود و برای بهبود کنترل اجرا می شود.

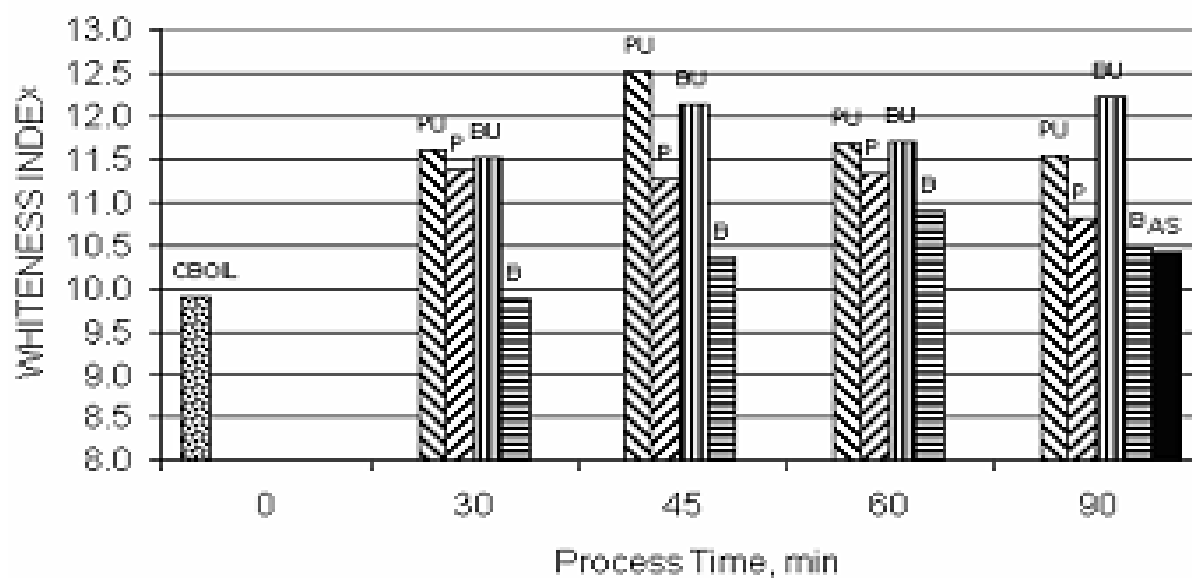
شاخص سفیدی از پارچه کرباس - شکل 7 شاخص سفیدی از نمونه های زیستی scoured از پارچه پنبه ای چاپ و شکل 8 نشان می دهد.





شکل 7: بررسی تاثیر زمان در درمان شاخص CIE سفیدی نمونه پارچه پنبه ای چاپ پس از پکتیناز زیستی دانه

تحت شرایط فراصوت (آزمایش 1)



شکل 8: بررسی تاثیر زمان در درمان شاخص CIE سفیدی نمونه پارچه کرباس پس از پکتیناز زیستی دانه تحت

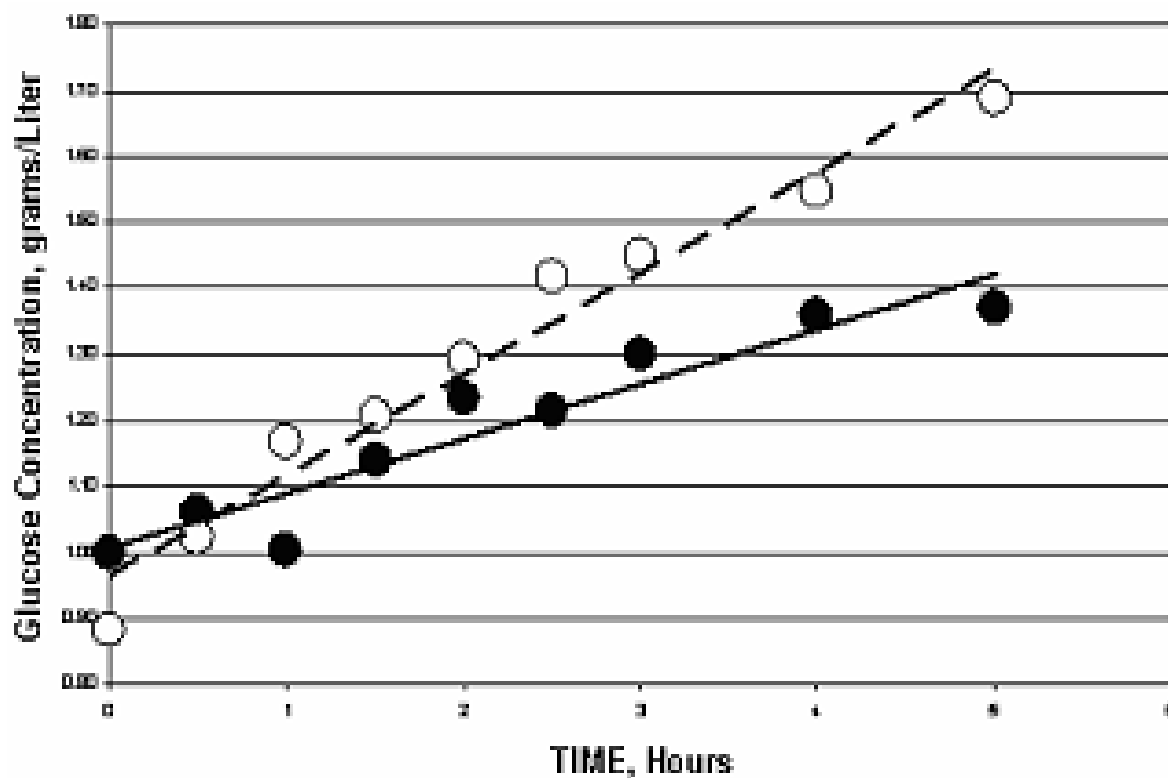
شرایط فراصوت (آزمایش 2)

به طور کلی، اطلاعات نشان می دهد که نه تنها پکتیناز زیستی دانه همراه با امواج فراصوت به طور قابل توجهی در شاخص سفیدی در نمونه درمان موثر است. شاخص سفیدی پس از تمیز کاری قلیایی - در آزمایش 1، کمی بالاتر از آن ثبت شده است. در دیگر نمونه زیستی ارزش شاخص سفیدی کمی پایین تر بود، در حالی که در آزمایش 2. به نظر می رسد که اگر پکتیناز زیستی، پارچه های پنبه ای در نظر گرفته شده رنگ شود (به خصوص برای سایه رنگ نور)، باید تحت درمان سفید کردن اضافی قرار گیرد.

در اثر فراصوت بر تبدیل زیستی آنزیم فراوری زیستی پارچه های کتان و هیدرولیز آنزیمی پنبه به قندها در ایالات متحده، پنبه معمولا توسط دوک نخ ریسی جمع کننده و یا تمیز کردن برداشت می شود. به طور متوسط 1500 پوند برداشت پنبه دانه یا 2000 پوند برداشت پنبه دانه برای تولید یک استاندارد بیل 500 پوند نخ مورد نیاز است. تولید سالانه 15 تا 20 میلیون پنبه در ایالات متحده را ترک بیش از دو میلیون تن جین دور انداخته می شوند. تقریبا نیمی از کارخانه های تولید جین در ایالات متحده باید در واقع صرف پول فراوری زیستی پارچه های کتان و هیدرولیز آنزیمی پنبه شوند. تبدیل آنزیمی از منابع مورد استفاده قرار گرفته از سلولز گیاه به عنوان فراوری زیستی پارچه های کتان و هیدرولیز آنزیمی پنبه به ارزش سوخت می تواند به تولید کنندگان پنبه به نفع ما است. دو مطالعه تجربی بر روی تاثیر فراصوت بر تبدیل هیدرولیتیک از سلولز ضایعات پنبه به قندهای بدون فراصوت انجام شد: الف) آزمایش 3 (ماشین پنبه پاک کنی سلولز سطل زباله؛ غلظت اکسلراز 8 - میلی لیتر / لیتر؛ تعلیق نمونه - 40.0 گرم / لیتر؛ مدت زمان 5 ساعت)، و ب) آزمایش 4 (پنبه ای کهنه سلولز سطل زباله؛ غلظت اکسلراز 4- میلی لیتر / لیتر؛ تعلیق نمونه - 40.0 گرم / لیتر؛ مدت زمان 8 ساعت) است. نتایج حاصل از تبدیل آنزیمی سلولز پنبه به قند در شکل 9 ارائه شده است، و تبدیل پنبه کهنه به سلولز - در شکل 10.

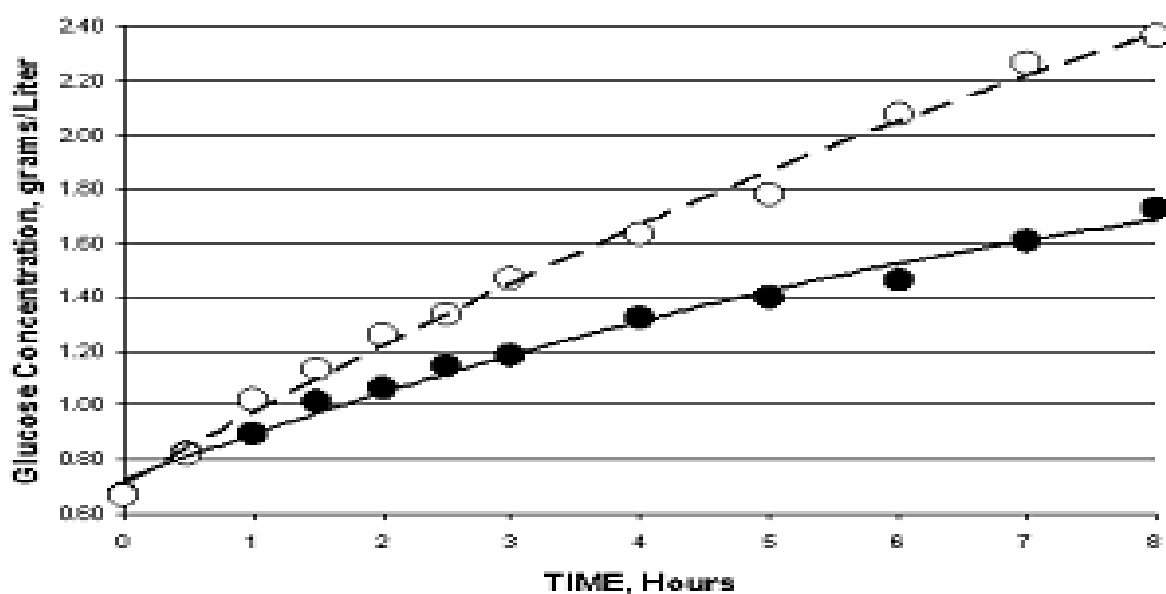
داده های تجربی آزمایش 3 به روشنی نشان می دهد که مقدمه ای از یک میدان فراصوت یکنواخت سطح پایین و تبدیل آنزیمی نمونه از پنبه سلولز جین به گلوکز به مقدار قابل توجهی بهبود یافته، هنگام اجرا حالت بدون فراصوت در مقایسه، برای مدت زمان کل این آزمایش بوده است. بهبود کلی در تبدیل آنزیمی سلولز پنبه به قند، ناشی از معرفی فراصوت، تا 22 درصد در پایان آزمایش بوده است. داده های تجربی آزمایش 4 نشان می دهد که مقدمه ای

از انرژی فراصوت در هنگام تبدیل فایل های هیدرولیتیک از پنبه سلولز به گلوکز باعث بهبود برجسته تر در عملکرد آنزیم اکسلراز می شود، و به عنوان زمان واکنش پیشرفت کرده است.



شکل 9: هیدرولیز آنزیمی پنبه و نمونه های کتان (آزمایش 3). غلظت گلوکز در مقابل زمان واکنش در شرایط

فراصوت



شکل 10: هیدرولیز آنزیمی پنبه و نمونه های کتان (آزمایش 4). غلظت گلوکز در مقابل زمان واکنش در شرایط

#### فراصوت

بهبود کلی در تبدیل آنزیمی سلولز پنبه ای کهنه زباله به قندهای ناشی از فراصوت تا  $\sim 41\%$  در پایان آزمایش رسیده است. جالب توجه است، افزایش در تبدیل هیدرولیتیک سلولز ضایعات پنبه به گلوکز ناشی از فراصوت برای پنبه ای کهنه سلولز ( $\sim 29\%$ ) است که برای پنبه جین سلولز ( $\sim 22\%$ ) بیشتر قابل توجه بود ه است، حتی با غلظت پایین تر از اکسلراز آنزیم (4.0 میلی لیتر / لیتر در مقابل 8.0 میلی لیتر / لیتر). محتمل ترین توضیح این پدیده کاهش دسترسی به سلولز خالص گیاهی (به طور معمول، بیشتر یا کمتر شدیداً با همی سلولز / لیگنین ماده پیوند می خورند) به عمل هیدرولیتیک از آنزیم اکسلراز در پنبه جین در مقابل پنبه کهنه است.

#### بحث

روند کلی مشاهده شده در طول مطالعات تجربی بر روی دانه های زیستی آنزیمی پارچه پنبه و تبدیل هیدرولیتیک از سلولز ضایعات پنبه به قندهای نشان می دهد که مقدمه ای از یک میدان فراصوت یکنواخت سطح پایین به محفظه واکنش قابل توجهی نسبت به عملکرد آنزیم های دارد و به میزان به قابل توجهی به افزایش نرخ واکنش نشان می دهد. اثرات سودمند انرژی مافوق صوت را می تواند به صورت زیر خلاصه کرد:

الف) شتاب از جابجایی مولکول های آنزیم به سمت سطح بستر / فیبر از طریق لایه مرزی از مایع در رابط مایع جامد بدست می آید. غلظت مولکول های آنزیم در این لایه یک فاکتور کنترل است، که سرعت واکنش کلی را تعریف می کند؛

ب) تحریک شدید لایه مرزی به طور معمول در رابط مایع جامد، ناشی از فراصوت بی حرکت است، و کمک می کند تا مولکول های آنزیم موقعیت خود را فقط بر روی بستر ایجاد کنند؛

ج) جلوگیری از هر گونه تجمع ممکن مولکول های آنزیم، که می تواند فعالیت آنزیم را کاهش دهد؛

د) حذف محصولات هیدرولیز آنزیمی از منطقه واکنش بهبود یافته، که تسریع سرعت واکنش آنزیمی کلی را موجب می شود؛

ه) "باز کردن" سطح بستر / الیاف به عنوان یک نتیجه از اثرات مکانیکی تولید شده توسط حباب حفره فروپاشی است.

### نتیجه گیری

• به نظر می رسد که روش فراصوت از راه حل های فرآوری آنزیم فعالیت خاص مولکول های آنزیم را به هیچ وجه به اندازه قابل توجهی کاهش نمی دهد.

• در مقیاس آزمایشگاهی، معرفی انرژی مافوق صوت در محفظه واکنش در طول آماده سازی های زیستی آنزیمی پارچه پنبه یا آنزیمی زیستی تبدیل سلولز ضایعات پنبه به قندهای منجر به بهبود قابل توجهی در بهره وری آنزیم می شود.

• ترکیب آماده سازی های زیستی آنزیمی و تبدیل سلولز ضایعات پنبه با سطح پایین، با تابش فراصوت یکنواخت می تواند به طور قابل توجهی از این فرایندهای جدید "شیمی سبز" پیشبرد و آن ها را برای اجرای گسترده صنعتی مناسب تر گرداند. این به میزان قابل توجهی می تواند مقدار پساب، مصرف انرژی و هزینه های کلی فرآوری را کاهش دهد.

• این مطالعه همچنین پتانسیل خوبی برای تشدید فرایندهای تکنولوژیک دیگر که شامل انواع مختلفی از آنزیم ها و بسترهای تطبیق می شود فراهم می کند. می توان فرض کرد که، عملاً، هر سیستم جامد / مایع که شامل واکنش بین مولکول های آنزیم و بستر جامد است تا حد زیادی از معرفی انرژی مافوق صوت به سیستم بهره مند می شود.



این مقاله، از سری مقالات ترجمه شده رایگان سایت ترجمه فا میباشد که با فرمت PDF در اختیار شما عزیزان قرار گرفته است. در صورت تمایل میتوانید با کلیک بر روی دکمه های زیر از سایر مقالات نیز استفاده نمایید:

لیست مقالات ترجمه شده ✓

لیست مقالات ترجمه شده رایگان ✓

لیست جدیدترین مقالات انگلیسی ISI ✓

سایت ترجمه فا ؛ مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده از نشریات معتبر خارجی