

# SID



سرویس های  
ویژه



سرویس ترجمه  
تخصصی



کارگاه های  
آموزشی



بلاگ  
مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری  
STES



فیلم های  
آموزشی

## کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی

کارگاه آموزشی  
سرویس ویژه ای متن (مقدماتی)

کارگاه آنلاین  
بررسی مقابله ای متون (مقدماتی)

کارگاه آموزشی  
پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی

کارگاه آنلاین  
پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی

کارگاه آموزشی  
آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو

کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی  
بین المللی و  
ترند های جستجو



## بررسی اثرات اعمال پیش تیمار اولتراسونیک بر سرعت هیدرولیز پسماندهای شهری به منظور افزایش بهره بیوگاز تولیدی

مزدک رساپور

دانشگاه تبریز

گروه مهندسی بیوسیستم

تبریز، ایران

Mazdak.rasapoor@gmail.com

زینب ایرانشاهی\*

پژوهشگاه مواد و انرژی

پژوهشکده انرژی

کرج، ایران

Iranshahi.zeynab@gmail.com

محمد پازوکی

پژوهشگاه مواد و انرژی

پژوهشکده انرژی

کرج، ایران

مهرداد عدل

پژوهشگاه مواد و انرژی

پژوهشکده انرژی

کرج، ایران

واژه‌های کلیدی — هضم بی‌هوازی، اولتراسونیک، هیدرولیز

### ۱. مقدمه

زندگی روزمره انسان‌ها وابستگی شدیدی به تولید و مصرف انرژی دارد، لذا عرضه و تقاضای آن در جوامع بشری به‌طور فزاینده‌ای رو به افزایش است. استفاده از سوخت‌های فسیلی به‌منظور تولید انرژی، نه‌تنها باعث اتمام سرمایه‌های ارزشمند نفتی شده، بلکه منجر به تولید گازهای آلاینده نظیر گازهای گلخانه‌ای می‌گردد که می‌تواند تهدیدی جدی برای محیط‌زیست به‌حساب آید. بنابراین، توجه به انرژی‌های تجدید پذیر جهت حفظ محیط‌زیست، ضروری به نظر می‌رسد [۱].

چکیده — یکی از عمده معضلات تولید بیوگاز از پسماندهای جامد شهری، مدت‌زمان طولانی فرآیند هیدرولیز می‌باشد که منجر به کاهش راندمان تولید بیوگاز خواهد شد. به‌منظور کاهش مدت‌زمان هیدرولیز مواد آلی، فرآیندهای پیش تیمار، امروزه کاربرد گسترده‌ای یافته است. استفاده از پیش تیمار اولتراسونیک به‌عنوان یک روش کارگشا در کاهش مدت‌زمان هضم به اثبات رسیده است. در این مطالعه سعی شده است تا اثرات پیش تیمار اولتراسونیک بر فرآیند هیدرولیز بر اساس تغییرات ضرایب سینتیکی واکنش و تغییرات جداره سلولی مواد در غلظت ۶ درصد مورد بررسی قرار گیرد. نتایج نشان داد که در مدت‌زمان «min» ۳۰ از اعمال پیش تیمار اولتراسونیک با چگالی توان «W/mL» ۰,۲ بیشترین تأثیر در ضریب سینتیکی واکنش حاصل شد. همچنین تأثیرات عمده حاصل از اعمال پیش تیمار اولتراسونیک بر دیواره سلولی مواد نیز در این مدت کاملاً مشهود بود.

هیچ‌یک از انواع باکتری‌های تولیدکننده‌ی متان، قادر به استفاده از تمامی سوبستراهای مختلف نیستند. بنابراین برای تخمیر مناسب سوبسترا در یک هاضم بی‌هوازی، نه‌تنها وجود تعداد زیادی از باکتری‌های تولیدکننده‌ی متان، بلکه حضور انواع متنوعی از آن‌ها لازم است. از آنجاکه هدف عمده از فرآیند هضم بی‌هوازی، دسترسی به سوخت پاک و مطمئن است، بنابراین باید تمامی مراحل هضم به سمت قرارگیری باکتری‌های تولیدکننده‌ی متان در شرایط مطلوب، سوق پیدا کند. تجزیه ترکیبات پیچیده به متان توسط باکتری‌ها، با سرعت‌های شیمیایی متنوعی صورت می‌گیرد؛ در صورتی‌که سوبسترا بیشتر شامل مواد لیگنوسلولزی باشد، به دلیل قابلیت تجزیه ضعیف این دسته از مواد، مرحله‌ی محدودکننده‌ی سرعت، مرحله‌ی هیدرولیز وابسته بوده و می‌باشد. پس فرآیند هضم بی‌هوازی، به مرحله‌ی هیدرولیز وابسته بوده و تسهیل این مرحله به بهبود فرآیند هضم بی‌هوازی کمک می‌کند [۵].

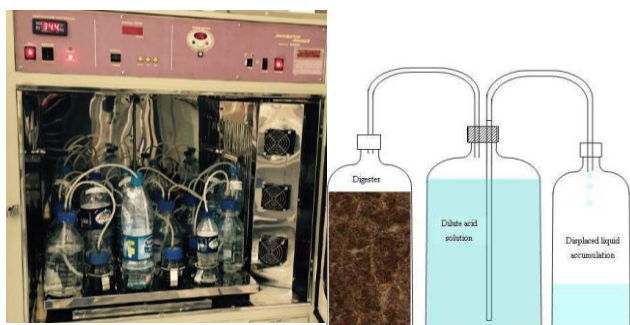
تاکنون روش‌های متعددی برای بهبود فرآیند هیدرولیز در هضم بی‌هوازی مورد استفاده قرار گرفته است که یکی از مؤثرترین آن‌ها، انجام پیش تیمارهای مختلف بر روی سوبسترا و آماده‌سازی بهتر آن جهت دسترسی بیشتر باکتری‌ها به مواد آلی قابل استفاده می‌باشد. از جمله تأثیرگذارترین پیش تیمارهای بررسی‌شده، اعمال امواج اولتراسونیک بر روی سوبسترا می‌باشد. عمده هدف استفاده از این امواج، ایجاد شکست در ساختار ترکیبات سوبسترا به منظور آسان نمودن تجزیه آن توسط میکروارگانیسم‌ها برای افزایش تولید گاز متان و دی‌اکسید کربن در طول فرآیند هضم بی‌هوازی است. تخریب ساختار سوبسترا، از مهم‌ترین هدف اعمال اولتراسونیک جهت بهبود فرآیند هیدرولیز می‌باشد [۳].

در مطالعه‌ای که اخیراً توسط رساپور و همکارانش [۳] انجام شده است، اثرات به‌کارگیری اعمال اولتراسونیک در سه چگالی توان ۰٫۲، ۰٫۴ و ۰٫۶ W/mL، با غلظت ماده جامد متفاوت شامل ۶، ۸ و ۱۰٪، بررسی گردیده است. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داده است که عوامل چگالی توان و مدت‌زمان اعمال پیش تیمار اولتراسونیک، تأثیر مثبتی برافزایش بهره بیوگاز نهایی دارند. همچنین در مطالعه آن‌ها نشان داده شده است که اعمال پیش تیمار اولتراسونیک در درصد‌های پایین‌تر مواد جامد، مخصوصاً غلظت ۶ درصد و همچنین استفاده از چگالی توان «W/mL» ۰٫۲، به‌طور چشمگیری بهره بیوگاز را افزایش داده است. هدف از انجام این پژوهش، بررسی اثر زمان اعمال امواج اولتراسونیک بر سوبسترای پسماندهای تر خانگی شامل بافت‌های گیاهی به‌منظور یافتن زمان بهینه جهت بهبود مرحله هیدرولیز و همچنین محاسبه ضریب سینتیک واکنش‌های شیمیایی درگیر در فرآیند هضم

توسعه شهرها، افزایش جمعیت و تغییرات شیوه‌های زندگی بشری، مشکلات متعددی را ایجاد کرده که از جمله مهم‌ترین آن‌ها، تولید انبوهی از زباله‌های مختلف است. چنانچه سازمان‌دهی مناسبی جهت جمع‌آوری، دفن و بازیافت زباله‌ها صورت نگیرد، آلودگی‌های زیست‌محیطی فراوان، جامعه بشری را به‌طور جدی تهدید خواهد کرد [۲].

فناوری هضم بی‌هوازی، یکی از روش‌های مؤثر تولید انرژی با استفاده از ضایعات و پسماندهای مختلف صنایع و جوامع بشری است. با استفاده از این روش، قسمت اعظم مواد آلی موجود در پسماندها، توسط باکتری‌های بی‌هوازی تجزیه و محصول قابل اشتعالی به نام بیوگاز تولید می‌شود. علاوه بر این، محصول خروجی راکتورهای هضم بی‌هوازی، قابلیت تبدیل به کمپوستی باکیفیت بالا را دارد، که می‌توان از آن به‌عنوان کود غنی از نیتروژن و فسفر، استفاده کرد. بنابراین، روش هضم بی‌هوازی، یکی از بهترین فناوری‌های انرژی‌های نو و تجدیدپذیر، از هر دو جنبه‌ی زیست‌محیطی و اقتصادی است که علاوه بر کمک به کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی، منجر به تولید انرژی‌های سوختی قابل استفاده برای مصارف مختلف می‌گردد [۳].

مکانیسم تولید بیوگاز در فرآیند هضم بی‌هوازی نسبتاً پیچیده و متشکل از مجموعه‌ای از وقایع باکتریایی است که به‌صورت زنجیره‌وار در هاضم بی‌هوازی انجام می‌شوند. این مجموعه وقایع، به‌صورت فرآیندی سه مرحله‌ای شامل هیدرولیز، اسیدوژن و متانوژن، انجام می‌شوند. ۱- مرحله هیدرولیز: در این مرحله مواد آلی پیچیده (پلیمرها) به کمک باکتری‌های هیدرولیز کننده، به محلول‌های آلی شامل ترکیبات ساده‌تر (مونومر و لیگومر)، برای مصرف میکروارگانیسم‌ها، تبدیل می‌شوند. هیدرولیز، اولین مرحله‌ی فرآیند هضم بی‌هوازی بوده و در صورت عدم انجام مناسب آن، محدودکننده‌ی فرآیند هضم بی‌هوازی خواهد بود. ۲- مرحله اسیدوژن: مرحله بسیار پیچیده تولیدکننده اسید است که شامل فرآیند تخمیر اسیدی، تولید هیدروژن و تشکیل استات می‌باشد. در این مرحله، ترکیبات محلول تولیدشده از طریق فرآیند هیدرولیز، به کمک انواع مختلفی از باکتری‌های بی‌هوازی و بی‌هوازی-اختیاری، مورد تجزیه قرار می‌گیرند. استات، مهم‌ترین اسید تولیدی در این مرحله بود که باکتری‌های متان ساز از آن به‌عنوان سوبسترا استفاده می‌کنند. ۳- مرحله متانوژن: در این مرحله، تمام مواد واسطه‌ای تولیدشده در مراحل قبلی شامل استات و دیگر مواد مانند فرمات، بوتیرات، دی‌اکسید کربن و گاز هیدروژن، به متان تبدیل می‌شوند [۴].



شکل ۱. مجموعه هاضم استفاده شده.

### ۲.۳. نحوه ی اندازه گیری بیوگاز

مجموعه هاضم‌های مورد استفاده در این مطالعه شامل یک بطری به‌عنوان هاضم بی‌هوایی، یک بطری به‌عنوان ذخیره آب و یک بطری که رابط بین بطری اول و سوم که به‌عنوان جابجا کننده آب در اثر فشار بیوگاز است. حجم بیوگاز تولیدی از طریق وزن آب انتقال یافته در بطری سوم ناشی از حجم گاز تولید شده در بطری اول، محاسبه می‌شود [۳].

### ۲.۴. بررسی ضریب سینتیکی واکنش با استفاده از

#### مدل مرتبه اول جهت محاسبه بهره بیوگاز

مدل‌های سینتیکی موجود در فرآیند هضم برای بررسی درک رفتار یک سیستم و اثرات متقابل بین اجزای آن‌ها استفاده می‌شوند. از قدیمی‌ترین و راحت‌ترین مدل‌ها جهت ارزیابی مصرف مواد آلی توسط میکروارگانیسم‌ها استفاده از مدل مرتبه اول می‌باشد. این مدل به‌صورت رابطه ۱ بیان می‌شود [۹].

$$y = y_0(1 - e^{-kt}) \quad (1)$$

که در این رابطه،  $K$  ثابت سینتیک مرتبه اول و برحسب معکوس زمان،  $t$  زمان انجام واکنش،  $y$  بهره بیوگاز بعد از زمان مشخص و  $y_0$  بهره نهایی بیوگاز برحسب ( $V_{Biogas}/g$  or  $Kg VS$ ) می‌باشد. این مدل بر اساس حد نهایی متان یا بیوگاز تولیدی و تخمین دقیق آن عمل می‌کند،  $K$  ثابت سینتیک در این رابطه از طریق روش‌های گرافیکی و یا از طریق رگرسیون خطی قابل محاسبه می‌باشد [۱۰].

به‌منظور سنجش دقیق تولید بیوگاز از شاخص بهره بیوگاز استفاده می‌شود. بهره بیوگاز مطابق با رابطه ۲ محاسبه می‌شود [۱۱].

بی‌هوایی است. در این مطالعه عوامل مؤثر در پیش تیمار اولتراسونیک بر هضم بی‌هوایی شامل غلظت ۶ درصد و چگالی توان اولتراسونیک «W/mL» ۰٫۲، ثابت در نظر گرفته شده است که بر اساس یافته‌های بهینه به‌دست آمده در پژوهش رساپور و همکارانش است.

## ۲. مواد و روش‌ها

### ۲.۱. تهیه و آماده سازی سوپسترا

پسماندهای تر خانگی شامل بافت‌های گیاهی به مدت ۲۵ روز جمع‌آوری و به‌عنوان سوپسترا در راکتورهای هضم بی‌هوایی در مقیاس آزمایشگاهی، مورد استفاده قرار گرفت.

جهت آماده‌سازی مواد اولیه، در ابتدا شن و سایر ناخالصی‌ها از پسماندها جدا شده و سپس جهت افزایش سطح دسترسی، مواد خرد شدند [۶]. در ابتدا غلظت مواد جامد نمونه‌ها «TS» اندازه‌گیری شده و سپس جهت رقیق‌سازی با آب مخلوط و در نهایت غلظت ۶ درصد «TS=۶٪» فراهم شد و با لجن بی‌هوایی با مشخصات  $TS=۲۳٫۷٪$ ،  $VS=۴۱٫۵٪$  و میزان خاکستر  $Ash=۵۸٫۵٪$  مخلوط شد. همچنین نسبت مواد آلی به لجن «F:I» در زمان بارگذاری هاضم‌ها برای تمامی آزمایش‌ها ۰٫۷۸ در ابتدای فرایند هضم بی‌هوایی در نظر گرفته شد. این نسبت بر مبنای مطالعاتی که در زمینه تأثیر نسبت مواد آلی به لجن بر بهره بیوگاز داشته است به‌دست آمده است [۷].

### ۲.۲. پیش تیمار اولتراسونیک و انتقال مواد به هاضم

پیش تیمار اولتراسونیک با چگالی توان «W/mL» ۰٫۲ و در زمان‌های ۰، ۱۰، ۲۰ و «min» ۳۰ با فرکانس ثابت «KHz» ۲۰ و به مدت ۲۵ روز بر روی غلظت مواد جامد اعمال شده و سپس مواد به درون هاضم‌های طراحی شده بر اساس مطالعه McLeod [۸] که نمایی از آن در شکل ۱ نشان داده شده است، منتقل شدند. در این راستا از دستگاه اولتراسونیک از نوع رومیزی با مدل LABSONIC\*P ساخت شرکت Sartorius Stedium استفاده شد که مجهز به پروب ۱۴ میلی‌متری تیتانیومی به‌منظور انتقال امواج اولتراسونیک بود. به‌منظور ثابت نگه‌داشتن دمای سوپسترا در  $۳۷^{\circ}C$  جهت بهبود فعالیت میکروارگانیسم‌ها، هر یک از مجموعه هاضم‌ها در داخل دستگاه انکوباتور قرار داده شد.

بررسی اثرات اعمال پیش تیمار اولتراسونیک بر سرعت هیدرولیز پسماندهای شهری به منظور افزایش بهره بیوگاز تولیدی

$$y_{g,b,t} = (V_{g,t} - Y_{s,t} \cdot m_s) m_b^{-1} \quad (2)$$

در رابطه ۲،  $Y_{g,b,t}$  بهره بیوگاز در زمان  $t$  برحسب  $g-VS^{-1}$  mL می باشد،  $V_{g,t}$  حجم بیوگاز در زمان  $t$  برحسب mL،  $Y_{s,t}$  بهره بیوگاز تولیدی لجن در زمان  $t$  برحسب  $g-VS^{-1}$  mL می باشد،  $m_s$  وزن لجن برحسب  $g-VS$  و  $m_b$  وزن مواد جامد فرار اضافه شده مواد آلی برحسب  $g-VS$  می باشد.

## ۲.۵. بررسی میکروسکوپی سوبسترا

قبل و بعد از اعمال پیش تیمار اولتراسونیک در زمانهای مختلف، نمونه هایی با ابعاد کوچک که قابلیت عبور نور را داشته باشند برای انجام تصویربرداری توسط میکروسکوپ نوری OLYMPUS مدل CX21 ( مجهز به دوربین عکاسی دیجیتال) به صورت تصادفی انتخاب شدند. جهت نمایش ساختارهای داخل سلول های گیاهی که اغلب حاوی دانه های نشاسته ذخیره شده (آمیلوپلاست) درون سیتوپلاسم سلولی می باشند، نمونه ها مطابق با روش رنگ آمیزی سلول ها، به کمک ماده رنگی لوگل (لوگل به طور خاص برای رنگ آمیزی مواد حاوی نشاسته بکار می رود). [۱۲، ۱۳] رنگ آمیزی شده و سپس تصاویر نمونه ها تهیه شد.

## ۳. داده ها و نتایج

### ۳.۱. محاسبه ضریب سینتیک واکنش و بهره بیوگاز

#### تولید شده

به منظور بررسی تأثیر پیش تیمار اولتراسونیک بر سرعت واکنش بی هوازی پسماند آلی شهری و افزایش سرعت مرحله هیدرولیز، ضرایب ثابت سینتیک واکنش با استفاده از مدل سینتیکی مرتبه اول محاسبه شده و در جدول ۱ ارائه شده است. در محاسبات انجام شده از ۹۵٪ به عنوان شاخصی برای معرفی مدت زمانی که ۹۵ درصد بهره بیوگاز حاصل شده است استفاده شده است؛ این شاخص به عنوان معیاری برای بررسی روند ضرایب سینتیک واکنش می تواند بسیار مفید باشد [۱۴]. همچنین بهره بیوگاز از طریق «رابطه ۲» به دست آمده است.

جدول ۱: ضرایب سینتیک در چگالی توان ۰.۲ W/mL.

زمان اعمال اولتراسونیک (دقیقه)	$K_{first\ order} (d)^{-1}$	$R^2_{first\ order}$	$t_{95\%} (day)$	بهره نهایی بیوگاز ( $mL/g-VS$ )
۰	۱.۰۶۷	۰.۹۶	۴.۶۲	۱۷۵
۱۰	۱.۳۳	۰.۹۷	۲	۲۴۵
۲۰	۱.۳۶	۰.۹۸	۳.۹	۳۷۰
۳۰	۲.۸۱	۰.۹۸	<<۱	۴۴۱

نتایج به دست آمده در جدول ۱ نشان می دهد که در چگالی توان ثابت «W/mL» ۰.۲ و غلظت ۶ با افزایش مدت زمان پیش تیمار اولتراسونیک، ضریب سینتیک مدل مرتبه اول افزایش یافته است. این افزایش می تواند ناشی از افزایش سرعت فرآیند هیدرولیز منسوب به تخریب دیواره و غشای سلولی و شکست در مواد آلی و ذخیره های قابل مصرف سلول باشد. شکست پیوندهای میان واحدهای ساختاری مواد سوبسترا، منجر به دسترسی بیشتر میکروارگانیسم های هضم بی هوازی به مواد قابل مصرف و ساده تر، می گردد و فرآیند هضم را تسهیل خواهد کرد [۳]. مطابق با جدول ۱، هنگام اعمال پیش تیمار بر روی سوبسترا به مدت ۳۰ دقیقه، ثابت ضریب سینتیک و میزان بهره بیوگاز تولیدی در مقایسه با زمان های کمتر، به بیشترین مقدار رسیده است. بنابراین، فرآیند اولتراسونیک به مدت ۳۰ دقیقه بر روی پسماندهای تر زباله های خانگی، می تواند به عنوان عاملی بسیار مؤثر جهت تولید بیوگاز، از طریق افزایش هیدرولیز و کاهش مدت زمان فرآیند تولید، باشد.

### ۳.۲. بررسی تصاویر میکروسکوپی از سوبسترا

علاوه بر نتایج حاصل از جدول ۱، تصویربرداری از ساختار سلولی پسماند، تأثیر مدت زمان پیش تیمار را قبل و بعد از اولتراسونیک بر فرآیند هضم نشان می دهد. مطالعات سلولی نشان داده است که نشاسته یک پلی ساکارید کربوهیدراتی تشکیل شده از واحدهای گلوکز است که به عنوان مواد ذخیره ای قابل مصرف سلولی به صورت دانه ای و با هندسه و مرزی کاملاً مشخص، درون سیتوپلاسم سلول های گیاهی ذخیره می شود [۱۲، ۱۳، ۱۵]. بررسی تغییرات ساختار نشاسته (به نمایندگی از دیگر اجزای قابل مصرف سلولی) توسط رنگ آمیزی با لوگل و تصویربرداری میکروسکوپی، توانست شواهد خوبی مبنی بر شکست واحدهای نشاسته و افزایش فرآیند هیدرولیز هنگام اعمال اولتراسونیک، فراهم کند. تصاویر میکروسکوپی به دست آمده

## منابع

[۱] ف. سپهوند و س. غلامرضایی "استفاده از بیوگاز، راهی بسوی توسعه پایدار"، اولین کنفرانس ملی علوم و مدیریت محیط زیست، اردبیل، موسسه حامیان زیست اندیش محیط آرمانی، ۱۳۹۴.

[۲] ش. مرزبان شیرخوارکلاتی و ل. امیری "بررسی کمی و کیفی تولید بیوگاز از مواد زائد شهری کیاکلا"، ششمین همایش ملی و اولین همایش بین المللی مدیریت پسماند، مشهد، سازمان شهرداریها و دهرداریهای کشور، ۱۳۹۱.

[3] M. Rasapoor, Y. Ajabshirchi, M. Adl, R. Abdi, and A. Gharibi, "The effect of ultrasonic pretreatment on biogas generation yield from organic fraction of municipal solid waste under medium solids concentration circumstance", Vol 119, pp 444-452, 2016.

[۴] ع. نظری و ا. شعبانی کیا و ج. شیخ الاسلامی "بررسی هضم بی هوازی آلانده های زیست محیطی شهر ساوه جهت ساخت اولین نیروگاه بیوگازی ایران"، بیستین کنفرانس بین المللی برق، تهران، شرکت توانیر، پژوهشگاه نیرو، ۱۳۸۴.

[5] Mp. Brayant, "Microbial Methane Production—Theoretical Aspects", Journal of Animal Science, Vol 48, pp 193-201, 1979.

[6] K. Izumi, Y. Okishio, N. Nagao, C. Niwa, and S. Yamamoto "Effects of particle size on anaerobic digestion of food waste", Vol 64, pp 601-608, October 2015.

[7] M. Haider, s. Yousaf, R. Malik, and C. Visvanathan, "Effect of mixing ratio of food waste and rice husk co-digestion and substrate to inoculum ratio on biogas production", journal of Bioresource Technology Vol 190, pp 451-457, August 2015.

[8] J. McLeod, M. Othmana, D. Bealeb, and D. Joshic, "The use of laboratory scale reactors to predict sensitivity to changes in operating conditions for full-scale anaerobic digestion treating municipal sewage sludge", journal of Bioresource Technology, Vol 189, pp 384-390, August 2015.

[9] R. Borja, A. Martín, M. Luque, and M.M. Durán, "Kinetic study of anaerobic digestion of wine distillery wastewater", journal of Process Biochemistry, Pp 83-90, 1993.

[10] H.M. Loa, T.A. Kurniawanb, M.E.T. Sillanpääb, T.Y. Paia, and C.F. Chiang,

"Modeling biogas production from organic fraction of MSW co-digested with MSWI ashes in anaerobic bioreactors", journal of Bioresource Technology, Vol 101, Pp 6329-6335, August 2010.

[11] M. Adl, K.C. Sheng, Y.H. Xia, A. Gharibi, and X. Chen, "Examining a Hybrid plug-flow Pilot reactor for Anaerobic Digestion of Farm-Based Biodegradable Solids", Vol 6, Pp 335-344, Winter 2012.

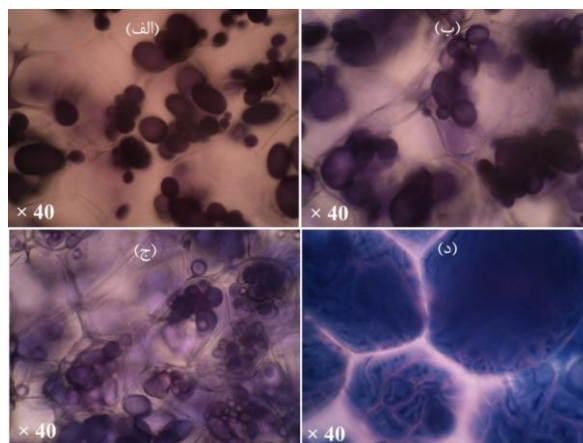
[12] J.R. Sowokinos, P.H. Orr, J.A. Knoper, and J.L. Varns, "INFLUENCE OF POTATO STORAGE AND HANDLING STRESS ON SUGARS, CHIP QUALITY AND INTEGRITY OF THE STARCH (AMYLOPLAST) MEMBRANE", American Potato Journal, Vol 64, pp 213-226, May 1987.

[13] M. Teresa Novoa, M. Casanovesb, S. Garcia-Vallvé, G. Pujadasc, M. Muleroc, and C. Vallsa, "How do Detergents Work? A Qualitative Assay to Measure Amylase Activity", journal of Biological Education, Vol 50, 2016.

[14] X. Liao, H. Li, Y. Zhang, C. Liu, and Q. Chen, "Accelerated high-solids anaerobic digestion of sewage sludge using low-temperature thermal pretreatment", International Biodeterioration & Biodegradation, Vol 106, Pp 141-149, January 2016.

[۱۵] ب. صابری و م. مجذوبی "خصوصیات نشاسته مقاوم"، بیستین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی، تهران، دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۹۰.

بعد از اعمال پیش تیمار اولتراسونیک به مدت ۰، ۱۰، ۲۰ و (min) ۳۰، نشان می‌دهد که با افزایش مدت زمان پیش تیمار، به تدریج ساختار منظم و هندسه مشخص دانه های نشاسته‌ای متلاشی شده و مواد حاصل از شکست آن‌ها به درون سیتوپلاسم نشت می‌کنند. همان‌طور که در شکل ۲ قسمت الف تا ج مشخص است، اعمال اولتراسونیک به مدت‌های ۰، ۱۰ و ۲۰ دقیقه نتوانسته است منجر به تغییرات و شکست اساسی در ساختار نشاسته شود. در مقابل اعمال اولتراسونیک به مدت ۳۰ دقیقه، منجر به رنگ‌آمیزی کل سیتوپلاسم داخل سلولی شده است که حاکی از تخریب و شکست اساسی در نشاسته می‌باشد. بنابراین واضح است که اعمال پیش تیمار اولتراسونیک به مدت ۳۰ دقیقه در مقایسه با زمان‌های کمتر، شدیداً بر فرآیند هیدرولیز مؤثر بوده و منجر به تخریب اساسی ساختار و مواد ذخیره‌ای سلول می‌گردد که می‌تواند علاوه بر تسریع روند فرآیند هیدرولیز، دسترسی میکروارگانیسم‌ها به مواد قابل مصرف ساده‌تر مانند گلوکز را برای انجام مراحل تخمیر تسهیل نموده و منجر به افزایش بهره بیوگاز تولیدی گردد.



شکل ۲. تصاویر مربوط به میکروسکوپ نوری.

## ۴. نتیجه گیری

بررسی اثر پیش تیمار اولتراسونیک در زمان‌های مختلف نشان داد که زمان ۳۰ دقیقه اعمال اولتراسونیک بر روی سوبسترای پسماند های تر زیاله های خانگی تاثیر بسیار زیادی بر شکست مواد و اجزا سلولی پسماند دارد. مواد تجزیه شده از این طریق به علت ساده تر بودن نسبت به مواد پیچیده اولیه در سوبسترا فرایند هضم بی هوازی را به دلیل سرعت بخشی مرحله هیدرولیز، تسهیل می‌کند. بنابراین اعمال امواج اولتراسونیک در مدت زمان بهینه در مقیاس های مختلف می‌تواند روشی بسیار مؤثر جهت افزایش بهره بیوگاز باشد.



# SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

## کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



نوبت آتومس  
بررسی مقاله ای متون (مقدماتی)

کارگاه آنلاین  
بررسی مقابله ای متون (مقدماتی)



PROPOSAL  
پروپوزال

نوبت آتومس  
پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی

کارگاه آنلاین  
پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی



ISI  
Scopus

نوبت آتومس  
آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو

کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو