نانو و صنعت

مجموعه گزارش‌های صنعتی فناوری نانو • گزارش شماره ۲۶۸ | حوزه آب، پساب و محیط زیست

کاربردهای فناوری نانوحباب در صنایع شیلات و آبزی‌پروری

INDnano.ir

ستاد توسعه فناوری‌های نانو و میکرو • www.nano.ir

شناسنامه

ستاد توسعه فناوری‌های نانو و میکرو

گروه رصد و تولید محتوای بخش ترویج صنعتی

طراحی و اجرا: توسعه فناوری مهرویژن

نظارت: داود قرایلو

صندوق پستی: ۳۴۴-۱۴۵۶۵

پست الکترونیک: IND@nano.ir

سال انتشار: ۱۴۰۳

نویسنده: شرکت پیشگامان فناوری دریچه

تلفن: ۶۳۱۰۰-۰۲۱

نمابر: ۶۳۱۰۶۳۱۰-۰۲۱

پایگاه اینترنتی: www.nano.ir
www.INDnano.ir

اینستاگرام نانو و صنعت: @INDnano.ir

محتواهای صنعتی و فناورانهٔ خود را از طریق پست الکترونیک و پایگاه اینترنتی نانو و صنعت (INDnano.ir) ارسال نمایید.

فهرست مطالب

- آبزی‌پروری و اهمیت آن ۳
- چالش افزایش تولید در آبزی‌پروری: کیفیت آب ۴
- فناوری نانوحباب و روش‌های تولید نانوحباب ۵
- مزیت‌های نانوحباب در آبزی‌پروری ۶
  - استفاده از نانوحباب برای انتقال آبزیان زنده ۶
  - استفاده از نانوحباب برای مدیریت سلامت آبزیان ۷
  - تأثیر نانوحباب‌ها بر فیزیولوژی آبزیان ۷
- محصولات داخلی ۷
  - شرکت نانوحباب انرژی (دانش‌بنیان و نانویی) ۷
  - شرکت نانوفناوری سراج ۸
- پی‌نوشت‌ها ۸
- منابع ۸

آبزی‌پروری و اهمیت آن

آبزی‌پروری فرایند کنترل‌شده‌ای از پرورش موجودات آبزی به‌خصوص برای مصرف انسان است. این مفهوم مشابه به کشاورزی است، اما در این فرایند ماهی جایگزین دام و گیاهان می‌شود. مزارع پرورش ماهی در قفس زیرمجموعه صنعت آبزی‌پروری هستند. محصولات این صنعت، غذاهای دریایی است که در فروشگاه مواد غذایی با برچسب ماهی یا میگوی پرورشی در اختیار شما قرار می‌گیرد. پرورش آبزیان در سراسر جهان به شکل‌های مختلف در آب‌های ساحلی و دریاها، دریاچه‌ها و سدها، حوضچه‌ها و رودخانه‌های آب شیرین و حتی در مخازن در حال انجام است [۱].

با توجه به افزایش بیش از حد ماهیگیری و صیدهای بی‌رویه در اقیانوس‌ها و محدودیت سایر منابع غذایی، انسان‌ها به منابع جایگزین ازجمله غذاهای دریایی برای تغذیهٔ جمعیت روبه‌رشد زمین نیاز دارند. در حال حاضر صید سالانه آبزیان از حد خود فراتر رفته است. اقیانوس‌ها به‌طور طبیعی نمی‌توانند تقاضا برای این حجم از غذاهای دریایی را فراهم کنند، اینجاست که آبزی‌پروری به‌کمک ما می‌آید. آبزی‌پروری صنعتی است که نه‌تنها وجودش لازم است، بلکه گزینه‌ای پایدار برای مصرف‌کنندگان به‌ویژه در مقایسه با دیگر مواد پروتئینی موردنیاز انسان است [۱].

با پیش‌بینی جمعیتی معادل ۱۰میلیارد نفر تا سال ۲۰۵۰ در جهان، تقاضا برای پروتئین حیوانی ۵۲٪ افزایش خواهد یافت. رویکردهای پایدار، سازگار با محیط‌زیست و سالم برای تغذیه جهان، ضروری‌تر از هر زمان دیگری است. به‌منظور تغذیه پایدار جمعیت روبه‌رشد جهان با پروتئین سالم و بدون چربی، نقش آبزی‌پروری بیش از پیش اهمیت پیدا می‌کند. اصلی‌ترین مسئولیت صنعت آبزی‌پروری، افزایش منابع غذاهای دریایی قابل‌دسترس در سراسر جهان با روشی کارآمد برای صید ماهی‌هایی است که در طبیعت پرورش یافته‌اند [۱, ۲].

پرورش ماهی شامل چهار مرحلهٔ عمده است. اولین مرحله، آماده‌سازی محیط پرورش است. دوم، پرورش ماهی‌های بندانگشتی و کوچک، سوم پرورش کلی و چهارم، پرواربندی است. هرکدام از این مراحل از اهمیت خاص خود برخوردار بوده و نیاز به مراقبت‌ها و رسیدگی‌های خاص دارد [۱].

تولید بهینه ماهی و آبزیان به میزان زیادی به کیفیت فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آب بستگی دارد. ازاین‌رو، آنچه امروز در صنعت آبزی‌پروی موفق مورداهمیت است، نیاز به درک صحیح از کیفیت آب و به‌وجودآوردن یک محیط‌زیست و رشد بهینه برای پرورش آبزی است. این مهم شامل استخر با شرایط و عمق مناسب، آب سالم و با کیفیت همراه با برنامه تغذیه مناسب است که با جلوگیری از بیماری و مرگ‌ومیر آبزی، یک تولید اقتصادی مناسب را در بر خواهد داشت. کیفیت آب توسط متغیرهایی مانند اکسیژن کافی، درجه حرارت مناسب، شفافیت، کدورت و رنگ آب، دی‌اکسیدکربن، pH، قلیاییت، سختی، آمونیاک محلول، نیتریت، نیترات، BOD، جمعیت پلانکتونی، سطوح محدودی از متابولیت‌ها و دیگر عوامل محیطی مؤثر بر کشت آبزی مشخص می‌شود [۱].

ماهی‌ها و آبزیان هیچ نوع تغییری در محیط خود را دوست ندارند؛ بنابراین هر تغییری به ماهی، تنش وارد می‌کند و هرچه تغییرات بیشتر و سریع‌تر باشند، تنش بیشتر خواهد بود؛ بنابراین حفظ تمام عوامل برای رسیدن به حداکثر عملکرد در یک حوضچه پرورش آبزی بسیار ضروری است [۱].

چالش افزایش تولید در آبزی‌پروری: کیفیت آب

بسیاری از تولیدکنندگان آبزیان به دلایل بسیاری ازجمله محدودیت‌های مکان‌های عملیاتی پرورش آبزیان و هزینه بالای راه‌اندازی آن‌ها به‌دنبال افزایش پایدار نرخ تولید سیستم‌های آبزی‌پروری هستند. افزایش بهره‌وری، کنترل محیط زیستی بیشتر، امنیت زیستی مؤثرتر و بهبود عملکرد اقتصادی سامانه آبزی‌پروری از اهداف موردتوجه در افزایش پایدار نرخ تولید و پرورش آبزیان است [۲].

برای افزایش نرخ تولید و پرورش آبزیان در یک مزرعه با مساحت مشخص محدودیت‌هایی وجود دارد که یکی از کلیدی‌ترین آن‌ها، کیفیت آب مورداستفاده است. از میان تمام ویژگی‌های آب مورداستفاده در سامانه پرورش آبزیان، غلظت اکسیژن محلول در آب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. اهمیت اکسیژن در صنایع شیلات و پرورش آبزیان به حدی است که گاهی گفته می‌شود که اکسیژن به اندازه غذا برای آبزیان اهمیت دارد. غلظت اکسیژن محلول در آب به عوامل مختلفی همچون دما، شوری آب و... بستگی دارد. به‌عنوانِ‌مثال غلظت اکسیژن محلول در آب سرد بیش از آب گرم است. اکسیژن محلول در استخرهای پرورش ماهی‌های گرمابی مقداری بین ۲ تا ۱۲ میلی‌گرم در لیتر دارد. غلظت اکسیژن محلول در طول شبانه‌روز از یک الگوی ثابت پیروی می‌کند به نحوی که با طلوع خورشید و در طول روز با فعال بودن فتوسنتز پلانکتون‌ها، غلظت اکسیژن محلول افزایش می‌یابد و در شب، خود پلانکتون‌ها در کنار دیگر موجودات آبزی به مصرف‌کننده اکسیژن تبدیل می‌شوند و همین امر موجب می‌شود که غلظت اکسیژن محلول در آب کاهش یابد. کمترین غلظت اکسیژن محلول در آب مربوط به دقایقی پیش از طلوع آفتاب است. بسیاری از آبزیان در غلظت اکسیژن بین ۵ تا ۱۲ میلی‌گرم در لیتر به‌آسودگی زندگی می‌کنند اما با کاهش غلظت اکسیژن به کمتر از ۴ میلی‌گرم در لیتر، حیات و رشد و نمو آن‌ها با خطر مواجه می‌شود [۲].

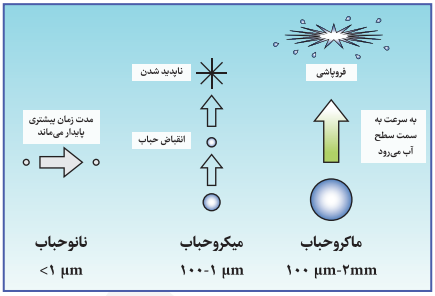
کاهش غلظت اکسیژن به آبزیان تنش وارد می‌کند، رشد و تغذیه آن‌ها را کاهش می‌دهد و آن‌ها را در برابر عوامل بیماری‌زا، آسیب‌پذیر می‌کند. در شرایط حاد این امر می‌تواند به مرگ کامل یک دسته از آبزیان پرورشی، منجر شود. برای افزایش تولید آبزیان، از روش‌های مختلفی اقدام به هوادهی می‌کنند. روش‌های سنتی هوادهی اغلب مکانیکی است که طی آن‌ها یا از طریق پره‌هایی که در آب حرکت می‌کنند و یا بهره‌گیری از انواع مختلف پمپ‌ها، سعی می‌شود که هوا درون آب حل شود [۲].

بسیاری از روش‌های سنتی هوادهی، غلظت اکسیژن را در سطح آب افزایش می‌دهند. این بدان معناست که غلظت در عمق استخر پرورش آبزیان کمتر است و ازاین‌رو آبزیان در سطح استخر تجمع می‌کنند. این امکان برای برخی آبزیان مانند میگو میسر نیست و این روش‌ها برای این دسته از آبزیان، پاسخگو نخواهد بود. این در حالی است که تجمع آبزیان روی سطح آب نیز مشکلاتی را در رشد و پرورش آن‌ها ایجاد می‌کند؛ بنابراین دو نکته که در رابطه با اکسیژن باید موردتوجه قرار گیرد یکی غلظت مناسب آن در کل شبانه‌روز و کل دوره پرورش آبزیان و دیگری توزیع یکنواخت غلظت اکسیژن در تمام حجم محیط پرورش آبزیان است. ازاین‌رو شرکت‌های مختلفی در سطح جهان به‌دنبال ارائه روش‌های هوادهی هستند که قابلیت اطمینان بالاتر، ایمنی بیشتر و بازدهی بالاتری داشته باشد. یکی از روش‌های نوین افزایش اکسیژن محلول در آب، فناوری نانوحباب است [۲].

فناوری نانوحباب و روش‌های تولید نانوحباب

به‌طور کلی حباب‌های موجود در آب به سه دسته تقسیم می‌شوند: حباب‌های معمولی یا ماکروحباب‌ها، میکروحباب‌ها و نانوحباب‌ها. قطر ماکروحباب‌ها از ۱۰۰ میکرومتر تا ۲ میلی‌متر است. این حباب‌ها خیلی سریع به سطح آب می‌آیند و متلاشی می‌شوند. میکروحباب‌ها کوچک‌تر هستند و قطر آن‌ها بین ۱ تا ۱۰۰ میکرومتر است. این حباب‌ها در آب منقبض می‌شوند و در نهایت در آن حل می‌شوند [۳].

در مقایسه با این دو دسته از حباب‌ها، نانوحباب‌ها، بسیار ریز هستند و خواص منحصربه‌فردی دارند که آن‌ها را از دیگر حباب‌ها متمایز می‌کند. نانوحباب‌ها قطری کمتر از ۱ میکرومتر دارند. این حباب‌ها در آب حرکت براونی دارند و به‌دلیل بویانسی کمتر می‌توانند مدت زمان زیاد در آب معلق بمانند و این قابلیت را دارند که خواص آب را تحت تأثیر قرار دهند (شکل ۱) [۳].



شکل ۱- مقایسه پایداری انواع مختلف حباب‌های موجود در آب [۳].

از دیگر ویژگی‌های نانوحباب‌ها باردار بودن آن‌هاست. باردار بودن این حباب‌ها موجب می‌شود که یکدیگر را دفع کنند و به هم نپیوندند تا بزرگ شوند و پایداری آن‌ها کاهش یابد. فشار درون نانوحباب‌ها بسیار بالاست. همین فشار بالا موجب می‌شود که در صورت متلاشی شدن حباب، امواج صوتی با انرژی بسیار بالایی ایجاد شود. این امواج می‌توانند ترکیبات فعالی همچون رادیکال‌های آزاد تولید کنند. این ترکیبات فعال می‌توانند ترکیبات آلی همچون قارچ‌ها، جلبک‌ها، باکتری‌ها و دیگر عوامل بیماری‌زا را از بین ببرند. سطح ویژه بسیار بالا یکی دیگر از تمایزهای نانوحباب‌ها با حباب‌های بزرگ‌تر است [۴، ۵]. مقایسه ویژگی‌های انواع مختلف حباب در جدول ۱ آمده است.

روش‌های مختلفی برای تولید نانوحباب وجود دارد که در دو دسته کلی قرار می‌گیرند [۳]:

انحلال و سپس آزادسازی گاز[۱]:

در این روش‌ها ابتدا گاز در فشار بالا در آب حل می‌شود و یک محلول فوق‌اشباع ایجاد می‌کند. سپس به روشی همچون کاهش فشار، گاز محلول در آب به‌صورت حباب‌های خیلی ریز، در آب تولید می‌شود.

روش گاز پخش‌شده[۲]:

در این روش‌ها گاز و آب طی یک فرایند و با صرف انرژی، با هم مخلوط می‌شوند و شرایط به‌نحوی کنترل می‌شود تا حباب‌های نانومتری ایجاد شوند. روش‌های مبتنی بر غشا در این دسته قرار می‌گیرند.

جدول ۱- مزایای نانوحباب در مقایسه با میکروحباب و ماکروحباب [۴]

Parameter	NBs	Microbubbles	Macro bubbles
Specific surface area	More	Moderate	Less
Internal pressure	High	Moderate	low
Zeta potential	High	Moderate	low
Physical Stability	Extremely stable	Less stable	Unstable
Gas dissolution rate	High	Moderate	low
Appearance	Transparent	Cloudy	Visible

مزیت‌های نانوحباب در آبزی‌پروری

بسیاری از روش‌های هوادهی مکانیکی که در صنایع شیلات و آبزی‌پروری استفاده می‌شوند، حباب‌های بزرگ یا ماکروحباب از هوا یا اکسیژن تولید می‌کنند که قطر آن‌ها ۰٫۳ سانتی‌متر یا ۳,۰۰۰,۰۰۰ نانومتر است. به‌دلیل نیروی بویانسی، این حباب‌ها به سطح آب مهاجرت می‌کنند و ازاین‌رو تأثیر بسیار کمی در افزایش غلظت اکسیژن در آب دارند. حتی زمانی که میکروحباب‌ها تولید می‌شوند که قطر آن‌ها ۱۰,۰۰۰ نانومتر است تا به‌کمک آن‌ها غلظت اکسیژن در آب افزایش یابد، تنها چند ثانیه پایدار هستند که بدان معناست که انتقال اکسیژن به محیط پرورش آبزیان به‌نحوِ بهینه‌ای صورت نگرفته است [۲].

برای افزایش انتقال اکسیژن به آب از طریق حباب‌های هوا یا اکسیژن، سامانه‌های تولید نانوحباب، توسعه یافته است. این سامانه‌ها می‌توانند هر نوع گازی را به‌صورت حباب‌های خیلی ریز به آب اضافه کنند. اندازه حباب‌ها در این سامانه‌ها کمتر از ۲۰۰ نانومتر است. اندازه بسیار ریز این حباب‌ها موجب می‌شود که به‌سمت سطح حرکت نکنند و در عوض حرکت براونی در آب داشته باشند. این امر موجب می‌شود که توزیع این نانوحباب‌ها در استخرهای پرورش آبزیان به‌صورت یکنواخت باشد و غلظت اکسیژن نزدیک به سطح آب و در کف استخر تقریباً یکسان باشد. در نتیجه آبزیان در کل حجم استخر می‌توانند رشد و تغذیه انجام دهند [۲].

بررسی‌ها نشان می‌دهد که نانوحباب‌های هوا و اکسیژن به‌ترتیب ۱۰ و ۱۵ روز در آب پایدار هستند و ازاین‌رو یک روش بهینه برای افزایش غلظت اکسیژن محلول در آب محسوب می‌شوند. از طرف دیگر فروپاشی نانوحباب‌ها موجب تشکیل رادیکال‌های آزاد فعال می‌شود که می‌تواند ترکیبات آلی را اکسید کند که عاملی در جهت افزایش کیفیت آب در سامانه‌های آبزی‌پروری بسته است [۲]. سامانه‌های نانوحباب‌ساز علاوه‌بر سیستم‌های بسته در سیستم‌های پرورش ماهی در قفس هم قابلیت استفاده دارند (شکل ۲).

علاوه‌بر مزیت‌هایی که عنوان شد، نانوحباب‌ها تأثیرات مثبت دیگری بر آبزی‌پروری دارند که در ادامه بیان می‌شود.

استفاده از نانوحباب برای انتقال آبزیان زنده

استفاده از نانوحباب‌ها در مخازن انتقال آبزیان زنده موجب می‌شود که درصد مرگ‌ومیر حین انتقال به نحو محسوسی کاهش یابد و بتوان تعداد بیشتری از آبزیان در واحد حجم را منتقل کرد و یا آبزیان را به‌صورت زنده تا مسافت‌های دورتری انتقال داد [۶].

استفاده از نانوحباب برای مدیریت سلامت آبزیان

بررسی‌ها نشان می‌دهد که نانوحباب‌های اُزن هم‌زمان هم می‌توانند عوامل بیماری‌زای موجود در آب را از بین ببرند و هم سطح اکسیژن محلول را افزایش دهند. ازاین‌رو استفاده از نانوحباب‌های اُزن می‌تواند در مدیریت سلامت آبزیان نقش به سزایی داشته باشد. به‌عنوان مثال حضور نانوحباب‌ها با دمای بالا در بافت بدنی ماهی موجب می‌شود که رگ‌های ماهی منبسط شوند. انبساط رگ‌ها موجب می‌شود که اکسیژن بیشتری به آبشش‌ها برسد که این موضوع نقشی کلیدی در عملکرد فیزیولوژیکی و سلامت ماهی دارد [۶].

شکل ۲- نمونه صنعتی سامانه نانوحباب برای پرورش ماهی در قفس [۲]

تأثیر نانوحباب‌ها بر فیزیولوژی آبزیان

پژوهش‌ها اثبات کرده است که نانوحباب‌ها می‌توانند به لایه‌های زیرین بافت آبزیان نفوذ کنند. حضور نانوحباب‌ها درون بافت آبزیان اثرات مثبتی بر رشد و پرورش آبزیان دارد [۶].

محصولات داخلی

شرکت‌های مختلفی در کشور درزمینهٔ فناوری نانوحباب فعالیت می‌نمایند که در ادامه معرفی می‌شوند.

شرکت نانوحباب انرژی (دانش‌بنیان و نانویی)

شرکت نانوحباب انرژی در دستیابی به دانش فنی تولید حباب‌های بسیار ریز به‌منظور بهره‌مندی از فناوری‌های پیشرفته با کارایی بالا و هزینه‌های عملیاتی پایین در صنایع مختلف از قبیل آب و فاضلاب، محیط‌زیست، آبزی‌پروری، کشاورزی و صنایع غذایی موفق به طراحی و ساخت ژنراتورهای صنعتی میکروحباب، میکرونانوحباب و نانوحباب برای گازهایی از قبیل هوا، اکسیژن، اُزن، نیتروژن و دی‌اکسیدکربن شده است.

اکسیژن‌رسانی پیشرفته در آبزی‌پروری با دستگاه‌های نانو اکسیژن واتوکس

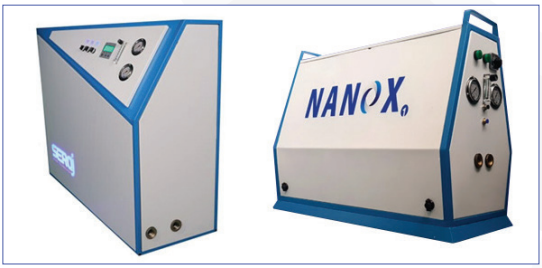
فناوری نانوحباب به‌عنوان نسل جدید سیستم اکسیژن‌رسانی، نقش ویژه‌ای را در صنایع شیلات و ازجمله کاهش تلفات و افزایش میزان تولید در واحد سطح دارد. در ژنراتورهای نانوحباب ساخت شرکت نانوحباب انرژی راندمان انتقال اکسیژن به داخل آب بسیار بالاست به‌طوری‌که بهره‌برداری از حداکثر ظرفیت را از طریق حباب‌های نانو به‌عنوان منابع اکسیژن غوطه‌ور در داخل آب فراهم می‌کند. این ژنراتورها با تولید میلیاردها نانوحباب سبب افزایش بسیار زیاد مساحت فصل مشترک گاز و مایع می‌شود. تلاطم پایین در نفوذ اکسیژن از درون نانوحباب‌ها به محیط باعث پایداری بیشتر میزان اکسیژن محلول شده و خطر افت ناگهانی آن را در شب کاهش می‌دهد.

شکل ۳- ژنراتور نانو اکسیژن واتوکس ساخت شرکت نانوحباب انرژی

از ژنراتور نانواکسیژن واتوکس (شکل ۳) می‌توان در استخرهای پرورشی، پرورش ماهیان سردابی، گرمابی و میگو، پرورش متراکم دور از ساحل، محل‌های تخم‌ریزی و سیستم‌های مداربسته استفاده کرد.

شرکت نانوفناوری سراج

شرکت نانوفناوری سراج طراح، توسعه‌دهنده و سازنده انواع ژنراتورهای آزمایشگاهی، نیمه‌صنعتی و صنعتی نانوحباب‌ساز است که استفاده از آن در طیف وسیعی از فرایندهای عاری از مواد شیمیایی کاربرد دارد.
امکان بهبود رشد آبزی، افزایش تراکم و کاهش هزینه‌های جاری در سیستم هوادهی و اکسیژن‌رسانی از مزیت‌های ژنراتور نانوحباب‌ساز شرکت نانوفناوری سراج در زمینه آبزی‌پروری است. این ژنراتور امکان بهبود ضریب انتقال اکسیژن (نسبت به سیستم‌های دیفیوزر و ونتوری)، بهبود کیفیت آب با ازبین‌بردن پاتوژن‌ها و نسبت تبدیل غذا به وزن آبزی را با کمترین هزینه فراهم می‌آورد. این ژنراتورها با ویژند NANOX به بازار عرضه شده است (شکل ۴).



شکل ۴- نانوحباب‌ساز NANOX1 به ظرفیت ۱۰۰۰ لیتر در ساعت (سمت راست) و نانوحباب‌ساز NANOX2 به ظرفیت ۵۰۰۰ لیتر در ساعت (سمت چپ). قابلیت غنی‌سازی اکسیژن محلول در این دو دستگاه تا ppm ۴۵ است. مصرف گاز اکسیژن در آن‌ها بسته به میزان اکسیژن محلول موردنیاز، حداکثر تا ۵ لیتر بر دقیقه است.

پی‌نوشت‌ها

۱ Dissolving–releasing gas

۲ Dispersing gas method

منابع

۱ د. م. ک. د. س.م. ابراهیم‌زاده، مبانی نظری و کاربردی آبزی‌پروری. تهران: انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۹۸.

۲ FAO, "Sustainable intensification of aquaculture using efficient nanobubble technology," ed. Bangkok, 2022.

۳ P. Khan, W. Zhu, F. Huang, W. Gao, and N. A. Khan, "Micro–nanobubble technology and water-related application," Water Supply, vol. 20, pp. 2021-2035, 2020.

۴ G. Chaurasia, "Nanobubbles: an emerging science in nanotechnology," MGM Journal of Medical Sciences, vol. 10, pp. 327-334, 2023.

۵ K. R. Marcelino, L. Ling, S. Wongkiew, H. T. Nhan, K. Surendra, T. Shitanaka, et al., "Nanobubble technology applications in environmental and agricultural systems: Opportunities and challenges," Critical Reviews in Environmental Science and Technology, vol. 53, pp. 1378-1403, 2023.

۶ H. R. Devkota, D. K. Jha, T. P. Joshi, and S. Shrestha, "APPLICATIONS OF NANOBUBBLE AERATION TECHNOLOGY FOR AQUACULTURE PRACTICES: A REVIEW," NEPALESE JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCES, p. 223.