



دانشکده علوم کشاورزی
گروه علوم دامی

تأثیر نانوزئولیت نقره، زئولیت و آنتی بیوتیک فلاوومایسین بر عملکرد، قابلیت هضم ایلئومی
مواد مغذی و برخی فراسنجه‌های خونی در جوجه‌های گوشتی

استاد راهنما:

دکتر میرداریوش شکوری

استاد مشاور:

دکتر فرهاد دستمالچی

دکتر فرزاد میرزائی آقچه قشلاق

توسط:

مریم غلام حسینی زهرائی

ایران - اردبیل

دانشگاه محقق اردبیلی

تابستان ۱۳۹۱

تقدیم به

پدر، مادر، همسر و

دختر دلبرندم حسنا

پاس بی نهایتیم از استاد بزرگوار و صبور، استاد اخلاق، جناب آقای دکتر شکوری که با راهنمایی‌های بی‌شائبه‌شان، از مرارت‌های این راه پرفراز و نشیب کاستند؛ از همسر مهربان و دلسوز و خانواده گرامی‌شان به خاطر صبر، همراهی و بهنگامی صمیمانه‌شان و بلاخص از دختر کوچک و دلندم که هرآنچه از پیشرفت و موفقیت در جهانم برای او و به خاطر خوشبختی باغ آرزوهای اوست، صمیمانه و صادقانه قدردانم.

و سر تعظیم فرود می‌آورم بر ساحت مقدس مقررین کوی یار، شهیدان، همیشه شاهد و حاضر که اگر نبودند این مسیر و این بستر برای کسب تحصیل و فضای علم میسر و مهیا نبود.

از اساتید محترم جناب آقایان دکتر فرزاد میرزایی، دکتر بهمن نویدشاد و دکتر دستاچی و نیز دوستان و هم‌کلاسی‌های محترم خانم مهندس شعله هوشیار عزیز و آقایان مهندسین، اکبر شیرعلی نژاد، کاظم علیچانزاده، سید موسی سعادت، محمد جواد غنچه‌چی، سعید مهدیزاده، محمد مولایی و محمود مسیبه که برادرانه این جانب را در طی این طریق طولانی اما مسرت بخش یاری نمودند، و نیز از تمامی کسانی که مراد پیمودن این مسیر خطیر و پرخطر همراهی نمودند، کمال تشکر و پاس را دارم. یاد و نام ایند منان همواره روشنا بخش راهشان باد.

مریم غلامحسینی زهرانی

اردیبه‌ل، تابستان ۱۳۹۱

نام خانوادگی دانشجو: غلام حسینی زهرائی	نام: مریم
عنوان پایان نامه: تاثیر نانوزئولیت نقره، زئولیت و آنتی بیوتیک فلاوومایسین بر عملکرد، قابلیت هضم ایلئومی مواد مغذی و برخی فراسنجه‌های خونی در جوجه‌های گوشتی	
اساتید راهنما: دکتر میرداریوش شکوری اساتید مشاور: دکتر فرزاد میرزائی، دکتر فرهاد دستمالچی	
مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد رشته: علوم دامی گرایش: تغذیه دام دانشگاه: محقق اردبیلی دانشکده: کشاورزی تاریخ فارغ‌التحصیلی ۹۱/۷/۳۰ تعداد صفحه: ۷۱	
کلید واژه: ۱- نانوزئولیت نقره ۲- زئولیت ۳- آنتی بیوتیک فلاوومایسین ۴- فراسنجه خونی ۵- قابلیت هضم ایلئومی ۶- جوجه گوشتی	
<p>چکیده:</p> <p>به منظور ارزیابی تاثیر نانوزئولیت نقره، زئولیت و آنتی بیوتیک محرک رشد فلاوومایسین بر عملکرد، قابلیت هضم ایلئومی مواد مغذی و برخی فراسنجه‌های خونی جوجه‌های گوشتی، آزمایشی در قالب یک طرح کاملا تصادفی با استفاده از ۲۸۸ جوجه گوشتی یک روزه (سویه راس ۳۰۸) با ۴ تیمار آزمایشی در ۴ تکرار و ۱۸ پرنده در هر تکرار اجرا شد. جیره‌های آزمایشی شامل جیره شاهد بدون افزودنی و ۰/۵ درصد شن، جیره شاهد + نانوزئولیت نقره (۰/۵ درصد جیره)، جیره شاهد + زئولیت (۰/۵ درصد جیره) و جیره شاهد + آنتی بیوتیک محرک رشد فلاوومایسین (۰/۱ درصد جیره) بودند. مطابق نتایج به دست آمده، در دوره آغازین (۲۱-۰ روزگی) جیره‌های آزمایشی تاثیر معنی داری بر عملکرد رشد نداشت. اما در کل دوره آزمایش (۴۲-۰ روزگی) جیره‌های حاوی زئولیت و نانوزئولیت نقره موجب کاهش وزن بدن شد ($P < 0/01$). ولی بر مصرف خوراک و ضریب تبدیل غذایی تاثیری مشاهده نشد. نانوزئولیت نقره و فلاوومایسین موجب کاهش معنی دار کلسترول کل و نیز LDL خون جوجه‌های گوشتی شدند ($P < 0/01$). VLDL-کلسترول و تری گلیسرید تحت تاثیر همه تیمارهای آزمایشی در مقایسه با گروه شاهد کاهش نشان داد ($P < 0/01$). استفاده از زئولیت و نانوزئولیت در جیره به کاهش معنی دار سطح گلوکز سرم خون جوجه‌های تغذیه شده منجر شد ($P < 0/05$). اما سطح HDL-کلسترول سرم تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت. تیمارهای آزمایشی اثر معنی داری بر ویژگی‌های ریخت شناسی روده کوچک (ارتفاع و پهنای پرز، عمق کریپت و نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت) نداشت، فقط استفاده از زئولیت در مقایسه با نانو زئولیت نقره موجب افزایش معنی دار ضخامت لایه ماهیچه ای شد ($P < 0/05$). نانوزئولیت نقره، زئولیت و نیز فلاوومایسین در مقایسه با گروه شاهد موجب کاهش معنی دار pH محتویات سنگدان شد و بیشترین کاهش در اثر زئولیت صورت گرفت ($P < 0/01$). نتایج حاصل از تعیین pH محتویات سکوم حاکی از آن است که آنتی بیوتیک محرک رشد فلاوومایسین منجر به کاهش معنی دار pH محتویات این بخش شد ($P < 0/01$). وزن نسبی اندام‌های داخلی تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت. نانوزئولیت نقره و زئولیت موجب بهبود قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی و انرژی خام شدند. استفاده از زئولیت موجب افزایش قابلیت هضم ماده خشک و چربی شد و بر دیگر پارامترها تاثیری نداشت ($P < 0/05$). به طور کلی نتایج این مطالعه نشان داد نانوزئولیت نقره در دوره آغازین اثر منفی بر عملکرد نداشت، و موجب افزایش قابلیت هضم ایلئومی مواد مغذی و کاهش کلسترول کل و LDL-کلسترول سرم خون گردید. لذا استفاده از نانوزئولیت نقره در دوره آغازین به عنوان افزودنی خوراکی توصیه می شود، لیکن به علت تاثیر منفی بر وزن بدن در دوره رشد استفاده از این ترکیب توصیه نمی گردد.</p>	

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۲	۱-۱- مقدمه.....
۳	۲-۱- نانو تکنولوژی
۳	۱-۲-۱- تعریف
۴	۲-۲-۱- تاریخچه نانو تکنولوژی
۵	۳-۱- ویژگیهای نانوذرات
۶	۴-۱- نانوذرات مهندسی شده در بدن
۶	۱-۴-۱- جذب نانوذرات مهندسی شده در بدن
۷	۲-۴-۱- توزیع نانوذرات مهندسی شده در بدن
۸	۳-۴-۱- دفع نانوذرات مهندسی شده
۹	۴-۴-۱- سمیت نانوذرات مهندسی شده
۱۰	۵-۱- نانوذرات نقره
۱۰	۱-۵-۱- نقره و خواص آن
۱۲	۲-۵-۱- خواص نانوذرات نقره
۱۲	۳-۵-۱- اثرات فیزیولوژیکی نانوذرات نقره
۱۳	۱-۳-۵-۱- اثر ضد میکروبی نانوذرات نقره
۱۳	۲-۳-۵-۱- اثرات سمی نانو ذرات نقره بر سلامتی
۱۴	۳-۳-۵-۱- اثرات بر بافتها و اندامها
۱۴	۴-۳-۵-۱- اثرات بر سیستم عصبی مرکزی
۱۵	۵-۳-۵-۱- اثرات تنفسی
۱۵	۶-۳-۵-۱- آرجیریا و آرجیروسیس
۱۵	۴-۵-۱- کاربردهای نانوذرات نقره
۱۶	۶-۱- کاربردهای نانوذرات نقره در پرورش طیور
۱۶	۱-۶-۱- به عنوان ضد عفونی کننده
۱۷	۲-۶-۱- به عنوان ماده افزودنی
۱۸	۱-۲-۶-۱- ابقاء نانوذرات نقره در بافتهای جوجههای گوشتی
۱۹	۲-۲-۶-۱- اثر نانوذرات نقره بر پارامترهای خونی
۱۹	۳-۲-۶-۱- اثر نانوذرات نقره بر خصوصیات لاشه
۲۰	۴-۲-۶-۱- تاثیر نانوذرات نقره بر مورفولوژی روده و بورس فابریسیوس
۲۲	۷-۱- زئولیت به عنوان پایه ای برای نانوذرات نقره

۲۳	..... ۱-۷-۱- تعریف زئولیت
۲۳	..... ۲-۷-۱- طبقه بندی زئولیت‌ها
۲۴	..... ۳-۷-۱- خصوصیات زئولیت‌ها
۲۵	..... ۴-۷-۱- زئولیت به عنوان جاذب
۲۵	..... ۵-۷-۱- زئولیت پاک کننده محیط زیست
۲۶	..... ۶-۷-۱- زئولیت‌ها برای فرایندهای جداسازی
۲۶	..... ۷-۷-۱- زئولیت‌ها به عنوان کاتالیزور
۲۶	..... ۸-۱- تاثیر زئولیت و نانوزئولیت نقره بر عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی
۲۶	..... ۱-۸-۱- نقش زئولیت و نانوزئولیت نقره به عنوان جاذب سموم
۲۹	..... ۲-۸-۱- تاثیر زئولیت و نانوزئولیت نقره بر برخی پارامترهای خونی
۲۹	..... ۳-۸-۱- تاثیر زئولیت، نانوزئولیت نقره و فلاوومایسین بر خصوصیات لاشه

فصل دوم: مواد و روش تحقیق

۳۲	..... ۱-۲- محل اجرای طرح
۳۲	..... ۲-۲- موقعیت و ابعاد سالن
۳۲	..... ۳-۲- آماده سازی سالن
۳۳	..... ۴-۲- شرایط محیطی پرورش
۳۳	..... ۵-۲- برنامه بهداشتی و واکسیناسیون
۳۴	..... ۶-۲- مدیریت پرندگان
۳۵	..... ۷-۲- تیمارهای آزمایشی
۳۶	..... ۸-۲- صفات مورد بررسی
۳۷	..... ۹-۲- قابلیت هضم ایلئومی مواد مغذی
۳۸	..... ۱۰-۲- آزمایش‌های بافت شناسی روده
۳۹	..... ۱۱-۲- تعیین فراسنجه‌های خونی
۴۰	..... ۱۲-۲- اندازه گیری pH
۴۰	..... ۱۳-۲- طرح آماری و آنالیز داده‌ها

فصل سوم: نتایج

۴۲	..... ۱-۳- عملکرد رشد
۴۳	..... ۲-۳- pH محتویات سنگدان و سکوم
۴۴	..... ۳-۳- ریخت سنجی روده کوچک
۴۴	..... ۴-۳- نتایج فراسنجه‌های خونی

۴۵ ۳-۵- اوزان نسبی اندام‌های داخلی

۴۶ ۳-۶- قابلیت هضم ایلتومی مواد مغذی

فصل چهارم : بحث

۴۸ ۴-۱- بحث

۵۷ ۴-۲- نتیجه‌گیری کلی

۵۷ ۴-۳- پیشنهادات

۵۸ منابع مورد استفاده

فهرست جداول

- جدول ۱-۲- نوع واکسن، برنامه زمانی و روش استعمال واکسنها..... ۳۴
- جدول ۲-۲- جیره‌های پایه و ترکیبات شیمیایی آنها در دوره‌های آغازین (۰-۲۱ روزگی) و رشد (۲۲-۴۲ روزگی)..... ۳۶
- جدول ۱-۳- اثر نانوزئولیت نقره، زئولیت و فلاوومایسین بر عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی در ۰-۲۱ روزگی..... ۴۲
- جدول ۲-۳- اثر نانوزئولیت نقره، زئولیت و فلاوومایسین بر عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی در ۲۲-۴۲ روزگی..... ۴۳
- جدول ۳-۳- اثر نانوزئولیت نقره، زئولیت و فلاوومایسین بر عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی در ۰-۴۲ روزگی..... ۴۳
- جدول ۴-۳- اثر نانوزئولیت نقره، زئولیت و فلاوومایسین بر pH محتویات سکوم و سنگدان جوجه گوشتی در ۲۱ روزگی..... ۴۴
- جدول ۵-۳- اثر نانوزئولیت نقره، زئولیت و فلاوومایسین بر ریخت سنجی ژژنوم جوجه گوشتی در ۲۱ روزگی..... ۴۴
- جدول ۶-۳- اثر نانوزئولیت نقره، زئولیت و فلاوومایسین بر فراسنجه‌های خونی جوجه‌های گوشتی در ۳۵ روزگی..... ۴۵
- جدول ۷-۳- اثر نانوزئولیت نقره، زئولیت و فلاوومایسین بر اوزان نسبی اندام‌های داخلی جوجه گوشتی در ۲۱ روزگی..... ۴۵
- جدول ۸-۳- اثر نانوزئولیت نقره، زئولیت و فلاوومایسین بر قابلیت هضم ایلئومی مواد مغذی جوجه گوشتی در ۲۱ روزگی..... ۴۶

فصل اول

مقدمه و مروری
بر تحقیقات گذشته

۱-۱- مقدمه

هدف از پرورش صنعتی به شیوه متراکم حصول تولید بیشتر از حیوان سالم می باشد. در این روش به علت نگهداری تعداد زیاد دام در واحد سطح، طول دوره پرورش کوتاه و استفاده محدود از مواد خوراکی به سلامتی حیوان توجه کافی مبذول نمی شود. در نتیجه تراکم بیشتر، تماس حیوان با یکدیگر افزایش یافته و لذا ابتلا به بیماری بیشتر می شود. از طرفی به دلیل محدود بودن دوره پرورش، حیوان فرصت کافی برای افزایش مقاومت ایمنی خود در برابر عوامل بیماری زا را نداشته و به علت استفاده محدود و تنوع کم مواد خوراکی، نمی تواند به مشکلات به وجود آمده فائق آید. بنا به دلایل یاد شده در بالا، راه حلی که برای رفع این مسائل مطرح شده، استفاده از داروها به ویژه آنتی بیوتیکها و تزریق واکسن بود. معضلی که وجود داشته و دارد این است که اولاً برای تمامی انواع بیماریها واکسن در دسترس نیست و ثانیاً با مصرف آنتی بیوتیکها- در سطوح کم به عنوان محرک رشد- در مزارع پرورش به مدت طولانی، مقاومت عوامل بیماریزا نسبت به آنتی بیوتیکها ایجاد شده است. همچنین آنتی بیوتیکها می توانند در تولیدات حیوانی باقی مانده و بر سلامتی مصرف کننده انسانی هم خطر آفرین باشند. همین امر منجر به ممنوعیت مصرف آنتی بیوتیکها در مزارع پرورشی خیلی از کشورها شده (گونکاکول و همکاران، ۲۰۰۴؛ ون امرسیل و همکاران، ۲۰۰۷) و بدیهی است پیامدها و آثار مهمی را در پی داشته باشد. از جمله تشدید شیوع بیماریهای گوناگونی شده که مهمترین آنها عفونت نکروزه روده در طیور می باشد که به اقتصاد مرغداریها خسارت زیادی وارد می نماید (ون و همکاران، ۲۰۰۴؛ پورتر، ۲۰۰۲). لذا تلاش در جهت به کارگیری ترکیباتی با قابلیت جایگزینی با آنتی بیوتیکها ضرورت می یابد. لذا در حال حاضر، عمده ترین چالش در راستای به کارگیری مواد و ترکیبات جایگزین بی خطری است که قابل رقابت با آنتی بیوتیکها بوده و در عین حال اثرات مقاومتی حداقلی روی عوامل بیماریزا داشته باشد موادی چون نانوزئولیت نقره که علاوه بر توانایی ضد میکروبی قوی، فاقد هرگونه خطر ایجاد مقاومت باکتریایی بوده و امروزه، کاربرد گسترده آن در ابعاد وسیع و در صنایع مختلف به عنوان رهاورد فناوری نو - نانوتکنولوژی - مطرح گردیده است. آنچه ضرورت انجام این پژوهش را بیشتر می کند، تولید محصول یاد شده (نانوزئولیت) در داخل کشور و لذا محدودیت وجود منابع علمی در این رابطه است. چه اینکه با اخذ نتایج مثبت بتوان زمینه گسترش مصرف ترکیب یاد شده را در داخل و خارج از کشور فراهم نمود.

۱-۲- نانو تکنولوژی

۱-۲-۱- تعریف

امروزه نانو تکنولوژی به عنوان پیشرفته ترین فناوری عصر حاضر توانسته تمام بخش‌ها و زوایای زندگی انسانی، جانوری، گیاهی، زیست محیطی و صنعتی را تحت تاثیر قرار دهد (زرگران اصفهانی و همکاران، ۱۳۸۹). نانو تکنولوژی عبارت است از مهندسی هدفمند مواد در مقیاس کمتر از ۱۰۰ نانومتر برای به دست آوردن ویژگی‌ها و عملکردهای وابسته به اندازه. برای درک بهتر نانومتر کافی است بدانیم که اندازه ده اتم هیدروژن در کنار هم حدود ۱ نانومتر، و عرض یک رشته DNA حدود دو نانومتر می‌باشد؛ و به عبارتی یک نانومتر حدود ۶۰ هزار بار کوچکتر از ضخامت یک تار موی انسان یا انداز یک ویروس است (سیخن، ۲۰۱۰).

سه قسمت از این تعریف مشخص می‌کند که آیا یک نوآوری ارائه شده در محدوده فناوری نانو قرار می‌گیرد یا نه.

۱- مهندسی هدفمند. هدف از گنجاندن این بخش از تعریف فناوری نانو حذف مواد و ابزارهایی است

که ابعاد نانومتر داشته، ولی به صورت هدفمند طراحی نشده و به صورت تصادفی ایجاد شده اند. بسیاری از مواد با ابعاد نانومتری وجود دارند که برای این منظور طراحی نشده اند.

درک اینکه این مواد ابعاد کمتر از ۱۰۰ نانومتر دارند، دهه‌ها و یا قرن‌ها بعد و همزمان با ظهور میکروسکوپیهای جدید روی داده است. به عنوان مثال، زئولیت سنتزی (یک ماده بلوری با حفرات به اندازه یک نانومتر) که برای ساخت شوینده‌ها، کاتالیز فرایندهای پتروشیمیایی و به عنوان خشک کننده مورد استفاده قرار می‌گیرد، به صورت سنتزی از دهه ۱۹۳۰ تولید شده است. اما بسیاری از زئولیت‌های سنتزی به صورت هدفمند برای ویژگی‌های آنها مهندسی نشده اند و دانشمندان تا دهه‌ها پس از آغاز فرآیند تولید آنها از حفرات با مقیاس نانو آنها اطلاعی نداشتند (زانگ و همکاران، ۲۰۰۵)

- مقیاس کمتر از ۱۰۰ نانومتر (سیخن، ۲۰۱۰). این حد مرزی بیان شده به هیچ وجه یک قانون قابل تغییر نیست؛ هدف این بخش از تعریف، حذف سیستم‌های میکرومکانیکی^۱، همانند سیستم‌های میکروآینه‌هایی که در فناوری نمایشگر بکار می‌رود، و میکروسیستم‌ها می‌باشد.
- ویژگی‌ها و عملکردهای وابسته به اندازه. این بخش اصلی ترین قسمت تعریف می‌باشد: کاربردهای فناوری نانو شامل مواد و ساختارهایی می‌باشند که نه تنها کوچک بوده، بلکه کوچک و متفاوت هستند. هدف این بخش از تعریف حذف کارهای بسیار جالب مربوط به کوچک سازی

^۱ Micro Engineer Systems

می‌باشد که منجر به ساختارهای با مقیاس نانو می‌گردند، اما هیچ تغییر غیر پیوسته وابسته به تغییر اندازه در ویژگی‌های آنها ایجاد نمی‌شود. مطالعه نانوذرات در مقیاس اتمی برای کنترل آنهاست. هدف اصلی اکثر تحقیقات نانو شکل دهی ترکیبات جدید یا ایجاد تغییراتی در مواد موجود است (چو و همکاران، ۲۰۰۸)

۱-۲-۲- تاریخچه نانو تکنولوژی

علم نانو و علوم مرتبط با آن جدید نیستند چرا که صدها سال است که شیمیدانان از تکنیک‌های علم نانو در کار خود استفاده می‌کنند که بی شباهت به تکنیک‌های امروزی نانو نیست. پنجره‌های رنگارنگ کلیساهای قرون وسطی، شمشیرهای یافت شده در حفاری‌های سرزمین‌های مسلمان همگی گویای این مطلب هستند که بشر مدت‌هاست که از برخی شگردهای این فناوری در بهینه کردن فرایندها و ساخت با کیفیت تر اشیاء بهره می‌برده است. اما تنها به دلیل پیشرفت کم فناوری و نبود امکانات امروزی نتوانسته حوزه مشخصی برای این فناوری تعیین کند.

نانو تکنولوژی از یک رشته علمی خاص مشتق نمی‌شود. با وجودی که نانو تکنولوژی بیشترین وجه مشترک را با علم مواد دارد، خواص اتم و مولکول، شالوده بسیاری از علوم است و در نتیجه دانشمندان حوزه‌های مختلف علمی به آن جذب می‌شوند. پیشوند نانو از کلمه یونانی به معنای کوتوله مشتق می‌شود. برای اولین بار ریچارد فاینمن برنده جایزه نوبل فیزیک، نانو را در یک سخنرانی با نام "در پایین اتاقهای زیادی وجود دارد"، مطرح کرد. فاینمن اصرار داشت، که دانشمندان ساخت وسایلی را که برای کار در مقیاس اتمی لازم است، شروع کنند.

مدتی بعد دانشمندی به نام درکسلر این مطالب را با کتابی تحت عنوان "موتورهای خلقت" دنبال کرد و توسعه مفهوم نانو تکنولوژی را همانند یک کوشش علمی ادامه داد. اولین نشانه‌های ثبت شده از این مفهوم نانو تکنولوژی، تغییر مکان دادن اشیاء مولکولی، در سال ۱۹۸۹ بود، موقعی که دانشمندی در مرکز تحقیقات آلمادن IBM، اتمهای منفرد گزنون را روی صفحه نیکل حرکت داد، تا نام IBM را روی سطح نیکل نقش کند (توانایی و نداف، ۱۳۸۸).

طرفداران این فناوری می‌گویند نانو تکنولوژی به تولید انرژی پاک و تولید بدون ایجاد مواد زائد و غیره خواهد انجامید. همچنین از فناوری نانو به عنوان "رسانس فناوری" و "روان کننده جریان سرمایه گذاری" یاد می‌شود. ورود محصولات متکی بر این فناوری جهشی بس عظیم در رفاه و کیفیت زندگی و تواناییهای دفاعی و زیست محیطی به همراه خواهد داشت و موجب بروز جابجایی‌های بزرگ اقتصادی خواهد شد. هم اکنون بخشهای دولتی و خصوصی کشورهای مختلف جهان شامل ژاپن، آمریکا، اتحادیه

اروپا، چین، هند، تایوان، کره جنوبی، استرالیا و روسیه در رقابتی تنگاتنگ بر سر کسب پیشتازی جهانی در دست کم یک حوزه از این فناوری به سر می‌برند (بی نام، ۱۳۸۷).

۱-۳- ویژگی‌های نانوذرات

تعاریف گوناگونی در مورد اندازه نانو ارائه شده است؛ اما باید به این نظریه اشاره کرد که اندازه نانو محدوده ای از اندازه مولکولها و مواد است که ذرات در این محدوده، خواص بی همانند یا به طور کیفی، متفاوت با ذرات بزرگ تر از خود دارند. بیشتر نمونه‌هایی که این خواص را دارند، دارای اندازه ای در محدوده کوچک تر از ۱۰۰ نانومتر هستند؛ زیرا در این محدوده، اندازه ذرات به اندازه آنها در شرایط مولکولی پایدار نزدیک تر است.

یکی از این مثال‌ها محدوده کوانتومی است که به این علت به وجود می‌آید که با کاهش اندازه ذرات، فاصله پیوندی^۱ افزایش یافته، باعث به وجود آمدن برخی ویژگی‌های مفید در فوتوکاتالیستهای نیمه‌هادی می‌شود. خصوصیات دیگری که در اندازه‌های زیر ۱۰۰ نانومتر تغییر می‌کند، سطح ویژه است. از نظر کیفی فاکتورهای دیگری نیز وجود دارند که در تعیین این خصوصیات دخالت دارند، مثل نسبت اتم‌های توده و قسمتی از حجم ذره که شامل ضخامت محدود لایه است (حجم سطحی) (بارلو و همکاران، ۲۰۰۹، پانالایا و همکاران، ۲۰۰۸).

آنچه که نانوذرات را منحصر می‌کند، کاهش اندازه زیاد ذرات آنها، افزایش غیر مستقیم سطح ویژه نسبت به اندازه شان است، لذا این مواد خواص جدیدی نسبت به اندازه ماکرو و میکرو خود نشان می‌دهند که با نسبت زیاد سطح به حجم آنها تعیین می‌شود (بارلو و همکاران، ۲۰۰۹). از آنجا که بسیاری از مولکولهای نانوذرات در سطح قرار دارند، در مقایسه با مواد در مقیاس میکرو و ماکرو به لحاظ انرژی و حالت‌های ناپایداری دارند. بسیاری از انواع این نانو مواد دارای فعالیت تجزیه کنندگی و به ویژه واکنش‌های اکسیداسیونی هستند (مورونس و همکاران، ۲۰۰۵).

واکنش پذیری زیاد نانوذرات می‌تواند نتیجه سطح ویژه بالای نانو ذرات، چگالی بیشتر نواحی واکنش پذیر روی سطوح ذره و یا افزایش واکنش پذیری این نواحی روی سطح باشد. نانوذرات در محیط‌های متخلخل تحرک زیادی خواهند داشت، زیرا اندازه آنها از اندازه سوراخهای محیط‌های متخلخل بسیار کوچک تر است. نانوذرات تغییرات دینامیکی در پاسخ به محیط شان را تحمل می‌کنند. انرژی زیاد سطح و سطح ناپایدار ممکن است باعث فعل و انفعال ذرات گردد. از این رو، نانوذرات آزاد گرایش به گرد هم آمدن یا متراکم شدن دارند که منجر به ذرات بزرگتری می‌شود (نانوذرات ثانویه) که ممکن است برخی

^۱ Bond gap

ویژگی‌های مقیاس نانو مانند فضای سطح بالا و واکنش پذیری را حفظ نمایند. گرایش نانوذرات به تجمع یا تراکم می‌تواند به واسطه تغییر سطح مانند وجود عوامل شیمیایی (از قبیل روکش‌ها، سورفکتانتها، یون‌ها) کم یا زیاد شود (بارلو و همکاران، ۲۰۰۹؛ بورم و همکاران، ۲۰۰۶).

۱-۴-۱- نانو ذرات مهندسی شده^۱ در بدن

اثرات فیزیولوژیکی نانوذرات مهندسی شده در بدن حیوانات با جذب، تسهیم (توزیع)، متابولیسم (دگرسازی زیستی)، حذف و دفع آنها در بدن در ارتباط است. اطلاعات کمی در رابطه با رفتار و سرنوشت نانوذرات مهندسی شده در لوله گوارشی وجود دارد. احتمال دارد که آنها به واسطه تبدیل شان به شکل محلول، تراکم، تجمع، جذب یا ایجاد پیوند با اجزاء دیگر خوراک، واکنش با اجزا و ترکیبات لوله گوارشی (اسیدها و آنزیم‌ها) و غیره در شکل آزاد در حفره لوله گوارشی باقی نمانده و از این رو برای جذب در دسترس نباشند. بنابراین نانوذرات ممکن است بطور کلی یا جزئی ناپدید گردند (بارلو و همکاران، ۲۰۰۹).

۱-۴-۱- جذب نانوذرات مهندسی شده در بدن

انتقال ذرات از طریق دیواره روده شامل چند مرحله است، از جمله انتشار از طریق طرفین غشای مخاطی روده، تماس با انتروسیتها، انتقال سلولی یا پاراسلولی و وقایع پس از انتقال (هوئت و همکاران، ۲۰۰۴). انتقال نانوذرات مهندسی شده از اپیتلیوم به خواص فیزیکی- شیمیایی آنها مانند اندازه، بار سطح، آبدوستی/چربی دوستی، وجود یا عدم وجود لیگاند و فیزیولوژی لوله گوارشی مانند سلامتی در برابر بیماری بستگی دارد (دس ریوکس و همکاران، ۲۰۰۶). تحت شرایط فیزیولوژیکی طبیعی، انتقال پاراسلولی نانوذرات بطور گسترده ای محدود است، با توجه به اینکه اندازه منفذ اتصالات سخت ۱-۳/۰ نانومتر می‌باشد (دس ریوکس و همکاران، ۲۰۰۶).

ذرات کوچکتر عموماً سریع تر از ذرات بزرگتر جذب می‌شوند. تجویز دهانی نانوذرات طلا به موش (با اندازه ذرات ۴، ۱۰، ۲۸ و ۵۸ نانومتر) افزایش جذب از لوله گوارشی با کاهش اندازه را نشان داد (هیلر و آلبریچت، ۲۰۰۱).

ذرات ممکن است از طریق سلولهای اپیتلیال به روش داخلی از انتروسیتها عبور کنند (همانند جذب معمولی)، مکانیسم ترانس سلولی توسط سلولهای M در قطعات پی^۲ یا توسط انتشار غیرفعال صورت می‌گیرد. نرخ جذب نانوذرات نقره از لوله گوارشی در سلول های روده ای ۲۰۰-۲ بار بیشتر از قطعات پی

۱. Engineered nanomaterials

۲ - peyers patches

یر در سلولهای روده ای است؛ اگرچه، قطعات پی یر تنها حدود ۱ درصد از کل فضای سطحی روده را شامل می‌شوند (دس ریوکس و همکاران، ۲۰۰۶). انتقال نانوذرات مهندسی شده (۱۰۰ نانومتر، اندازه متوسط مورد آزمایش 116 ± 5 نانومتر) ۱۵-۲۵۰ بار بیشتر از ذرات میکرو است (دسائی و همکاران، ۱۹۹۶، دس ریوکس و همکاران، ۲۰۰۶).

به محض تماس با بافت زیرمخاطی روده ای، نانوذرات مهندسی شده می‌توانند وارد مویرگها شوند، که به جریان خون باب کبدی حمل شده، یا وارد سیستم لنفاوی می‌شوند، که بعداً از طریق مجرای لنفی سینه ای به داخل جریان خون سیستمیک تخلیه می‌شوند.

ویژگی مهم نانوذرات مهندسی شده میل ترکیبی آنها با پروتئین‌هاست (لینس و همکاران، ۲۰۰۷؛ لینچ و داوسون، ۲۰۰۸). اتصال پروتئین به نانوذرات ممکن است عبور غشایی و نفوذپذیری سلولی را افزایش دهد (جان و همکاران، ۲۰۰۱؛ پانت و کان، ۲۰۰۲؛ جان و همکاران، ۲۰۰۳). علاوه بر این، واکنش پروتئین‌ها با نانوذرات ممکن است بر ساختمان سوم یک پروتئین تاثیر بگذارد که منجر به اختلال در عملکرد غشا می‌گردد (لینچ و داوسون، ۲۰۰۸) این ترکیب پروتئین- نانو ذرات ممکن است ایستا (استاتیک) نباشد و در طی زمان تغییر کند (سدروال و همکاران، ۲۰۰۷).

در مطالعات موجود، تعیین خاصیت تقریباً همیشه از طریق تلقیح عنصر به شکل نانوذرات، بدون تایید اینکه نانوساختار حفظ شده یا خیر صورت می‌گرفت. فرمولاسیون نانوسایز ممکن است رفتار کینتیک سمیت نانوذرات مهندسی شده را در مقایسه با فرم ماکرو و میکرووی آنها تغییر دهد. داده‌های اخیر نشان می‌دهد این نانوذرات تنها در یک گستره محدود از لوله گوارشی جذب می‌شوند. نانوذرات مهندسی شده جذب شده از طریق سلولهای روده ای از طریق جریان خون باب به کبد خواهند رفت. نانوذرات همچنین از طریق سیستم لنف به داخل مجرای لنفی سینه ای می‌توانند وارد شوند (بارلو و همکاران، ۲۰۰۹).

تقریباً ۲۰-۱۰ درصد کل نقره بلع شده در لوله گوارشی، عمدتاً توسط دوازدهه و روده کوچک جذب می‌شود. جذب فلز بلع شده در پوست نیز گزارش شده، اما ممکن است به آسیب لایه اپیتلیوم موجود در پوست بستگی داشته باشد (بوسالیس و همکاران، ۱۹۸۷).

۱-۴-۲- توزیع نانوذرات مهندسی شده در بدن

اطلاعات محدودی در مورد الگوی توزیع نانوذرات مهندسی شده بعد از مصرف دهانی وجود دارد. در موشهای ۲۸ روزه در مطالعه نانوذرات به اندازه ۶۰ نانومتر، بیشترین سطح نقره در معده، بعد در کلیه، کبد، ریه‌ها، بیضه‌ها، مغز و خون مشاهده شد (کیم و همکاران، ۲۰۰۸). سطوح نقره در کلیه‌ها، برای همه دزها در موشهای ماده دو برابر بیشتر از موشهای نر بود. لذا توزیع به اندازه ذرات نیز بستگی دارد. با

تجویز دهانی نانوذرات طلا (در اندازه‌های ۴، ۸، ۱۰ و ۵۸ نانومتر) به موش اندازه ذرات کوچکتر منجر به توزیع بیشتر به اندامها گردید (هیلر و آلبریچت، ۲۰۰۱). اگر فضای سطحی به جای توده مورد ملاحظه قرارگیرد، شدت اثر ذرات کوچک بیشتر خواهد بود. کوچکترین ذرات در کلیه، کبد، طحال، ریه‌ها و مغز یافت شدند، در حالی که بزرگترین ذرات منحصراً درون لوله گوارشی بود (جانی و همکاران، ۱۹۹۴). کبد و طحال به عنوان دو اندام عمده برای توزیع سیستمیک نانوذرات مهندسی شده شناخته شده اند. هرچند، برای نانوذرات معینی، مانند نانوذرات فلزی همه ارگانها ممکن است اندام هدف تلقی شوند. در خصوص توزیع نانوذرات بعد از مصرف خوراکی، مخصوصاً در مورد طیور اطلاعات کمی وجود دارد و اکثر بررسی‌ها روی موش صورت گرفته است. گزارش شده که بعد از تزریق داخل وریدی از ۲ یا ۴۰ نانومتر نانوذرات طلا به موش، نانوذرات مهندسی شده در وهله اول توسط سلولهای کاپفر در کبد به واسطه ترانس سلولی و در وهله دوم توسط ماکروفاژها در طحال و سایر نقاط دریافت شدند (سادائوسکاس و همکاران، ۲۰۰۷). در سلولهای کاپفر، نانوذرات طلا در لیزوزومها قرار گرفتند. مطالعات انجام شده توسط سمیر و همکاران (۲۰۰۴) و سمیر-بنک و همکاران (۲۰۰۷) داده‌های موجود از بیوکینتیک بلند مدت نانوذرات در اندامهای ثانویه هدف را ارائه می‌دهد. بعد از یک استنشاق کوتاه مدت از نانوذرات، تنها حدود ۵-۱ درصد از نانوذرات استنشاق شده از سد هوا-خون گذشته و در اندامهای هدف ثانویه (کبد، طحال، کلیه‌ها، قلب، مغز، استخوان و بقیه لاشه) تجمع یافتند.

اطلاعات کمی در مورد متابولیسم یا دگرسازی زیستی نانوذرات بعد از مصرف دهانی در دسترس است. متابولیسم نانوذرات بایستی نسبت به سایر خواص آنها به ترکیب شیمیایی سطح شان بستگی داشته باشد. نانوذرات پلیمری می‌تواند به شکل قابل تجزیه زیستی طراحی شود. برای نانوذرات فلزی و اکسیدهای فلزی حلالیت آهسته حائز اهمیت خواهد بود.

۱-۴-۳- دفع نانوذرات مهندسی شده

اطلاعات بسیار کمی در خصوص دفع نانوذرات جذب شده وجود دارد. بعد از تزریق داخل وریدی در موش، از نانوذرات ۲ نانومتری طلا، نانوذرات طلا بطور جزئی به داخل ادرار تصفیه شدند (سادائوسکاس و همکاران، ۲۰۰۷). بعد از تزریق داخل وریدی نانو ابزار کامپوزیت طلا (۵ نانومتر) به موش، طلا هم از طریق ادرار و هم در مدفوع دفع شد. بار مثبت سطح (در مقایسه با بار خنثی یا منفی سطح) منجر به افزایش دفع در ادرار و مدفوع گردید (بالوگ و همکاران، ۲۰۰۷).

۱-۴-۴- سمیت نانوذرات مهندسی شده

در رابطه با سمیت خوراکی نانوذرات بر طیور مطالعات کمی انتشار یافته است. در جوجه‌های گوشتی (۱- ۴۲ روز) که با نانوکامپوزیت رس (۱۰-۶ نانومتر) به مدت ۴۲ روز تغذیه شده بودند سمیتی دیده نشد (شی و همکاران، ۲۰۰۶). همچنین در بررسی دیگری روی موش با نانوذرات کربن (به ضخامت کمتر از ۵۰ نانومتر) و اتمهای نیتروژن جاسازی شده در شبکه کربنی در دزهای خوراکی (۱، ۲/۵ و ۵ میلی گرم در کیلوگرم وزن بدن) هیچ گونه مسمومیتی مشاهده نشد (کاررو و سانچز، ۲۰۰۶). با این وجود، برخی مطالعات انجام شده روی نانومواد مهندسی شده، حاکی از آن است که برخی از این ترکیبات مانند آهن/پلاتین، کبالت/کرومیوم، ZnO، TiO₂، SiO₂ و... ممکن است برای ژن سمیت داشته باشند (گونزالز، ۲۰۰۸؛ لندسیدل و همکاران، ۲۰۰۸). اثرات سمیت برای ژن توسط ذرات رایج از طریق دو مکانیزم سمیت مستقیم برای ژن و سمیت غیر مستقیم (مانند مداخله از طریق استرس اکسیداتیو یا التهاب) نشان داده شده است (شینس و کناپین، ۲۰۰۷). نانوذرات ممکن است از طریق هر دو این مسیرها عمل کند.

دامنه وسیعی از نانوذرات، غلظت و زمان در معرض قرار گیری آنها مورد مطالعه قرار گرفته است. در ذرات آزمایش شده در سیستم‌های آزمایشگاهی پیچیدگی‌هایی وجود دارد. مشکلات عمده در چنین مطالعاتی تلقیح دزهای نامناسب، انباشتگی ذرات، در معرض قرار گیری مستقیم سلولها با نانوذرات می‌باشد که نتایج را تحت تاثیر قرار می‌دهد. در مطالعات آزمایشگاهی، عاملی که به طور مستقل بر یافته‌ها تاثیر می‌گذارد، بنظر می‌رسد تشکیل عوامل فعال اکسیژن باشد (دونالدسون و بوم، ۲۰۰۴؛ ابردورستر و همکاران، ۲۰۰۵؛ چن و شلوزنر، ۲۰۰۷؛ لوینسکی و همکاران، ۲۰۰۸).

پیامد عمده استرس اکسیداتیو آسیب رسانی به بازهای اسید نوکلئیک، لیپیدها و پروتئینهای غشاء (شامل تجمعات پروتئینی داخل هسته ای) است (چن و شلوزنر، ۲۰۰۷). فعل و انفعال میان نانوذرات مهندسی شده و اندامک‌های داخل سلولی ممکن است منجر به مرگ سلول به واسطه فعالسازی مسیرهای آپوپتوسیس^۱ و نکروز^۲ گردد (زیا و همکاران، ۲۰۰۶؛ هانگ و همکاران، ۲۰۰۶؛ دی پاسکو و همکاران، ۲۰۰۸). سایر اثرات آزمایشگاهی بلوکه شدن کانال یونی، تشکیل منفذ و شکستن فیزیکی می‌باشد. با وجود این می‌توان گفت اطلاعات کافی برای استنتاج عمومی ارتباط میان خواص فیزیکی - شیمیایی نانومواد و سمیت آن در شرایط آزمایشگاهی و آزمایش روی دام زنده وجود ندارد.

^۱ -apoptosis

^۲ - necrosis

یکی از این نانوذرات مهندسی شده نانوذرات نقره یا نانونقره می‌باشد و در کشور ما ایران نیز با نام عمومی نانوسید تولید می‌گردد. با توجه به موضوع بحث این تحقیق، در زیر به توضیحاتی پیرامون این ترکیب پرداخته می‌شود.

۱-۵- نانوذرات نقره

پیش از آن که به نانوذرات نقره پرداخته شود، توضیح مختصری پیرامون عنصر نقره ضروری به نظر می‌رسد.

۱-۵-۱- نقره و خواص آن

نقره یکی از فلزات سنگین بوده و در جدول تناوبی جزو عناصر واسطه و چهل و هفتمین عنصر می‌باشد. وزن اتمی آن $107/8$ بوده و دارای دو ایزوتوپ طبیعی با وزن اتمی $106/90$ و $108/90$ و با فراوانی 52 و 48 درصد می‌باشد (پانایالا و همکاران، 2008). این عنصر رسانای گرما و الکتریسته بوده، دارای نقطه ذوب 961 درجه سانتی‌گراد و نقطه جوش حدود 2200 درجه سانتی‌گراد است (نورد برگ و گردهاردسون، 1988). نقره همچنین قادر به اکسید شدن با گوگرد و سولفید هیدروژن است. ترکیبات نقره از قرن‌ها پیش به خاطر خواص دارویی خود مورد استفاده قرار گرفته‌اند. هزار سال قبل از میلاد مسیح، خواص ضد میکروبی نقره در آب آشامیدنی معلوم شده بود (ریچارد و همکاران، 2002 ؛ راسل و همکاران، 1994). ترکیبات نقره برای درمان کزاز و رماتیسم در قرن 19 میلادی و همچنین برای درمان سرماخوردگی و سوزاک قبل از ظهور آنتی‌بیوتیک‌ها در قرن بیستم استفاده می‌شده است (میرستاری و همکاران، 2004). استفاده از نمک‌های نقره یا محلول آن که در درمان سوختگی‌ها مورد استفاده قرار می‌گرفت، پس از جنگ جهانی دوم به فراموشی سپرده شد (کلاسن و همکاران، 2000). در حال حاضر، نقره به عنوان ترکیب ضد میکروب و بادوام برای درمان عفونت‌های حاصل از سوختگی، زخم‌های باز و مزمن مورد توجه مجدد قرار گرفته است. نقره برای استریلیزه کردن آب بازیافت شده در ایستگاه فضایی میر و در شاتل فضایی ناسا نیز استفاده می‌شود (سینگ و همکاران، 2008). برای عملکرد مناسب سیستم ایمنی خون در هر فردی، گردش ذرات نقره در عروق خونی ضروری است (پانایالا و همکاران، 2008).

محصولات متعددی از نقره به عنوان عامل ضدباکتریایی به ثبت رسیده است مانند نیترات نقره، سولفادیازین نقره، سولفادیازین کلروهگزیدین، سولفادیازین نقره با سریوم نیترات و یون نقره یا رهاساز نانوکریستال نقره در ناحیه زخم. صرف نظر از منبع نقره که آیا از محلول‌ها، کرم‌ها یا نانوکریستال‌ها آزاد شده باشد، نقره سمیت بالایی برای کراتینوسیتها و فیبروبلاستها دارد (یون و همکاران، 2007). بنظر می‌رسد فیبروبلاستها بیشتر از کراتینوسیتها به نقره حساس‌اند. لازم به ذکر است که نقره معمولی در آب

حل نمی‌شود اما نانوکریستال نقره حل شده و Ag^+ و Ag^0 آزاد می‌کند، در حالی که سایر منابع نقره فقط Ag^+ آزاد می‌کنند (آتیه و همکاران، ۲۰۰۵)، که این خاصیت نانوکریستال نقره به نظر می‌رسد فعالیت ضد التهابی و ضد میکروبی آن را موجب می‌شود.

نقره به طور ضعیف توسط سلولهای پستانداران یا سلولهای باکتریایی جذب می‌شود. در هنگام وجود مایع زخم یا ترشحات دیگر، به شکل یونی در می‌آید و فعالیت بالایی در ایجاد پیوند با پروتئین‌ها و غشای سلولی از خود نشان می‌دهد (برادیش-استول و همکاران، ۲۰۰۵). مانند سایر فلزات سنگین، نقره به واسطه آسیب رسانی به آنزیمهای تنفسی و ترکیبات سیستم زنجیره انتقال الکترون میکروبی و ایجاد اختلال در عملکرد DNA برای میکروارگانیسم‌ها سمی است. خاصیت توقف فعالیت باکتری‌ها توسط نقره می‌تواند به میل ترکیبی بالای آن با گروه‌های تیول موجود در آنزیمهای تنفس سلولی و غیر فعال سازی آنزیم فسفوماناز ایزومراز، در سلولهای باکتریایی مربوط باشد. به علاوه، نقره با پروتئین‌های ساختاری هم می‌تواند واکنش شود. نقره همچنین به دلیل ایجاد پیوند با بازهای DNA مانع از رونویسی آن می‌شود (بیشارا و همکاران، ۲۰۰۷).

زمانی که یون نقره توسط باکتری یا مخمر جذب می‌شود، در سوبه‌های حساس کشنده می‌شود، با توجه به توانایی باکتریهای حساس به جذب و تغلیظ Ag^+ از مایعات رقیق، فارماکولوژیست‌های سابق واژه الیگودینامیک را ابداع کردند. گرچه، اثرات آنتی بیوتیکی نقره پیچیده بوده و ارگانیسم‌های مختلف پاسخ‌های متفاوتی به نقره نشان می‌دهند (برادیش-استول و همکاران، ۲۰۰۵).

مقاومت میکروبی به نقره گزارش نشده است. ولی به لحاظ کلینیکی سوبه‌های باکتریایی مقاوم به نقره معضلی در علوم پزشکی و درمان زخم‌ها تلقی می‌شوند، با این وجود مقاومت به نقره نادر است (دان و همکاران، ۲۰۰۴).

بررسی‌ها نشان داده که نقره با فلزات کلیدی پیوند برقرار کرده و تولید پروتئین‌ها را تحریک کرده و باعث افزایش غلظت روی و مس می‌شود، که این دو فلز جزو مواد مغذی ضروری بوده و در تکثیر سلولی اپیتلیال دخیل اند. افزایش روی موجب افزایش تولید RNA و DNA سنتتازها، متالوپروتئین‌های ماتریکسی و سایر آنزیم‌های ضروری در محل زخم می‌گردد (بیشارا و همکاران، ۲۰۰۷). لذا نقره موجب افزایش سرعت روند التیام زخم می‌شود. نقره دارای خواص ضد التهابی نیز بوده و از جمله بیشترین موارد مصرف نقره در باندهای زخم می‌باشد. بانداژهای برپایه نانوکریستال نقره فرایند التهاب را تسریع می‌کند (پادوک و همکاران، ۲۰۰۲). همچنین نانوکریستال نقره فرایند اپوپتوسیس (خودکشی سلولی) را نیز موجب می‌شود که یک روند ضد التهابی بوده و از نکروزه شدن سلول - که باعث افزایش التهاب می‌شود - پیش گیری به عمل می‌آورد (وارینر و همکاران، ۲۰۰۵؛ رایت و همکاران، ۲۰۰۲).

لازم به ذکر است که به واسطه تحقیقات کلینیکی نشان داده شده که نقره توسط سلولهای اپیدرمی حاشیه زخم به داخل بستر زخم نفوذ کرده و در بقایای زخم انباشته شده و از این طریق به گردش خون محیطی وارد شده و در کبد و کلیه رسوب و از طریق ادرار دفع می‌شود (یون و همکاران، ۲۰۰۷).

۱-۵-۲- خواص نانوذرات نقره

نانوذرات نقره نامی تجاری برای آب دیونیزه شده خالص با ذرات بسیار ریز نقره در سوسپانسیون می‌باشد (پانایالا و همکاران، ۲۰۰۸). به خاطر اندازه کوچک ذرات، فضای سطحی کل نقره در محلول حداکثر بوده و در نتیجه بیشترین اثر احتمالی ممکنه به ازاء هر واحد از نقره را موجب خواهد شد (آلت و همکاران، ۲۰۰۴). در نتیجه، غلظت بسیار کم نقره در نانونقره نسبت به محلول‌های نقره کلوئیدی با غلظت‌های به مراتب بالا تاثیر بیشتری در داخل بدن ایجاد می‌کند. اکثراً نقره به شکل نانوذرات نقره فلزی وجود دارد. این امر حائز اهمیت است چرا که نقره یونی در معده یا جریان خون به کلرید نقره تبدیل می‌شود. حلالیت کلرید نقره پایین است. علاوه بر این، کلرید نقره نسبت به نقره فلزی تاثیر کمتری دارد. تنها ذرات فلزی در اسید کلریدریک معده باقی مانده و تاثیر گذاری آنها در داخل بدن بیشتر است (پانایالا و همکاران، ۲۰۰۸). نانوذرات نقره علاوه بر خواص عمومی سایر نانوذرات مهندسی شده مانند:

- نسبت سطح به حجم زیاد

- اندازه ذرات

- وجود ریشه کاتالیتک

- چربی دوستی/آبدوستی

- تجزیه پذیری زیستی

- مقاومت در برابر خوردگی

- دارا بودن پایه معدنی و غیر شیمیایی

دارای ویژگی‌های دیگری چون حلالیت، خواص ضد میکروبی و خواص ضد قارچی نیز (همانند عنصر نقره) می‌باشد. نانوذرات نقره با طیف اثر گسترده و تاثیرگذاری بسیار مطلوب روی انواع میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا و سازگار بودن با محیط زیست به عنوان یک ضدعفونی کننده موثر مطرح می‌باشد. به علاوه با توجه به خاصیت عدم خوردگی، عدم ایجاد مقاومت در برابر میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا و کارایی در محدوده وسیعی از pH، دما و رطوبت می‌تواند به عنوان جایگزین مناسبی برای ضدعفونی کننده‌های شیمیایی رایج محسوب گردد (هاسلو و همکاران، ۲۰۰۸).

۱-۵-۳- اثرات فیزیولوژیکی نانوذرات نقره