

# فناوری نانو و صنایع غذایی

حامد افشاری

کارشناس دبیرخانه ستاد ویژه توسعه فناوری نانو

بهمن ابراهیمی حسین زاده

دبیر کارگروه توسعه و فناوری تولید ستاد ویژه توسعه فناوری نانو

## چکیده

یکی از مهم‌ترین بخش‌های صنعت تمام کشورها که با امنیت غذایی در ارتباط است صنایع غذایی می‌باشد. با کمبود منابع غذایی و افزایش جمعیت، توسعه این بخش از صنعت ضروری به نظر می‌رسد. استفاده از فناوری‌های نوین در این بخش رویکردی جدید است که می‌تواند مورد توجه قرار گیرد.

کشور ما یکی از بزرگترین واردکننده‌های محصولات غذایی است و اگر امروز به فکر تولید و فرآوری غذا نباشیم، هر روز بر میزان واردات محصولات غذایی افزوده می‌شود. حال بایستی توسعه پایدار در این صنعت را دنبال کرد و با کمک فناوری به توسعه بهره‌وری در آن باشیم.

همگرایی فناوری نانو و علم غذا منجر به بروز قابلیت‌های فراوانی می‌شود که همین امر باعث شده است که حدود ۲۰۰ شرکت بزرگ در سراسر دنیا در این زمینه سرمایه‌گذاری‌های کلان نموده و محصولات نوینی نیز به بازار عرضه کنند. گذشته از محصولات ارائه شده با توجه به پتانسیل فوق‌العاده کاربرد فناوری نانو در صنایع غذایی انتظار می‌رود طی دو دهه آینده انقلاب بزرگی در زمینه صنایع غذایی و کشاورزی پدید آید به گونه‌ای که اثرات آن بسیار فراتر از کشاورزی مکانیزه و انقلاب سبز (Green Revolution) خواهد بود. شرکت‌های بزرگ صنایع غذایی و دولت‌ها درصددند حوزه کاربردی فناوری نانو در صنایع غذایی را به کمک دانشمندان صنایع غذایی مشخص کنند و از آن در جهت رفع نیازها استفاده نمایند. از موارد فوق چنین استنباط می‌گردد که کشور ما نیز ناگزیر بایستی به این عرصه وارد گردد و نیازسنجی‌های ممکن بایستی هر چه سریعتر انجام گیرد. در این مقاله ابتدا به بررسی و جایگاه صنایع غذایی در ایران پرداخته شده و سپس کاربردهای فناوری نانو در صنایع غذایی ذکر شده و بازار آن مورد بحث قرار گرفته است.

کلمات کلیدی: فناوری نانو، صنایع غذایی، کاربرد، بازار

## مقدمه

صنایع غذایی ایران نسبت به عمر این بخش در جهان صنعت نوپایی به شمار می‌رود. این صنعت در کشور ما می‌تواند با توجه به شرایط آب و هوایی و تنوع و کیفیت مطلوب محصولات کشاورزی ایران دارای اهمیت و مزایای فراوانی باشد. تا سال ۱۳۵۷ حدود ۴۰۰ واحد صنایع غذایی اعم از کارخانه و کارگاه وجود داشته که عمده فعالیت این واحدها بر روی صنایعی از قبیل نوشابه، لبنیات، شیرینی، شکلات و فرآورده‌های گوشتی متمرکز بوده است. کارگاهها نیز در بسیاری از مناطق ایران به تولید محصولات سنتی همانند کلوچه، سوهان، گز و ... مشغول بودند.

بر اساس آمارهای موجود از ابتدای تصویب قانون مواد خوراکی و آشامیدنی در سال ۱۳۴۶ تا اواخر سال ۱۳۸۰ تعداد ۴۵۰۰ مورد پروانه تاسیس مواد غذایی و ۳۸۲۶ مورد پروانه بهره‌برداری صادر شده است و تعداد پروانه‌های ساخت صادر شده برای تولید محصولات مختلف در این واحدها به ۱۳۵۲۷ مورد می‌رسد. علاوه بر این، تعداد بی‌شماری کارگاه وجود دارد که در زمینه تولید فرآورده‌های سنتی و صنعتی مشغول به فعالیت هستند. واقعیت این است که این رشد شتاب‌آمیز، خصوصاً در دو دهه گذشته بر اساس نیازهای جامعه و یا در خواست خرید توسط بازارهای جهانی

نبوده است. عوامل بسیاری در تاسیس و راه اندازی این واحدها دخیل بوده اند. اعتبارات خاص بانکها همانند اعتبارات تبصره "۳" که عده ای با توجه به روابط و پشتوانه های سیاسی و اقتصادی از آنها بهره بردند، سیاست های وزارت جهاد سازندگی سابق در تاسیس واحدهای کوچک کارگاهی، بازارهای موسمی داخلی و خارجی همانند افزایش فروش ماکارونی به دلیل گرانی برنج و امکان صادرات به کشورهای همجوار و یا افزایش به یکباره میزان صادرات کنسانتره میوه ها و بالاخره رونق بازار پاره ای از محصولات مثل کلوچه و نوشابه گازدار از مهم ترین دلایلی بودند که موجب تاسیس هزاران واحد تولیدی در سراسر ایران شدند.

از آنجائیکه بسیاری از این واحدها بر اساس نیاز جامعه و یا اصول برنامه ریزی شده اقتصادی تاسیس نشده بودند، بنابراین با تغییر شرایط حاکم جامعه و بازارهای جهانی واحدهای فوق دچار مشکلات عدیده شدند. امروزه کمتر کارخانه ای است که با ظرفیت کامل خود تولید نماید، صدها کارخانه با دریافت وام و سرمایه گذاری خصوصی در نیمه های راه مانده اند و واحدهای به بهره برداری رسیده امکان تولید ندارند. شکی نیست که روی آوردن به فناوری های نو از جمله فناوری نانو می تواند راهگشای امور آنها باشد.

### **بررسی وضعیت و جایگاه صناعی چون صنایع غذایی در کشور**

صناعی چون تولید مواد غذایی، نساجی، پوشاک و تولیدات وسایل روزمره زندگی مثل تولید مواد شیمیایی مصرفی خانوارها جزو حوزه صنعتی "صنایع تولید محصولات مصرفی کم دوام" قرار می گیرند. مطابق آمار و ارقام موجود، در کشور ما بنگاههای کوچک و متوسط سهم قابل توجهی را در ایجاد ارزش افزوده کالاهای این گروه صنایع دارا می باشد.

از سوی دیگر تفکیک رشته فعالیتهای کم دوام برحسب نوع مالکیت بیانگر این واقعیت است که بخش خصوصی به طور تاریخی عمدتاً در این حوزه از صنایع فعالیت کرده و وزن و جایگاه قابل توجهی را برای خود ایجاد نموده است. با توجه به سطح درآمد سرانه کشور، بخش قابل توجه تقاضای صنعتی خانوارها متمرکز در این گروه از صنایع است. ساختار موجود تولید نیز در این حوزه رقابتی تر از حوزه های دیگر بوده و درجه انحصار و تمرکز کمتر است. در مجموع، در کشور ما در شرایطی که از یک سو سیاست های عمومی و محیطی ناظر به بخش صنعت، به طور تاریخی درون گرا بوده و در نتیجه این بخش از عدم کارایی های متعدد ناشی از این جهت گیری آسیب دیده و از سوی دیگر در ساختار دولتی و انحصاری، امکان رشد فعالیتهای و انگیزه هایی که می توانسته موجب بهبود کیفیت کالاها و ارتقاء فناوری گردد فراهم نشده است، تولیدکنندگان، در فعالیتهای صنعتی محصولات کم دوام با بهره گیری از فضای رقابتی داخلی، تقاضای خانوارهای ایرانی و دخالت کمتر دولت در این حوزه ها، عملکرد نسبتاً مطلوبی از خود نشان داده اند. در این گروه از صنایع، تجربه صنعتی و یادگیری بعمل آمده در طول زمان، همچنان یک مزیت تلقی شده و می تواند در صورت مشارکت با شرکتهای خارجی، زمینه گسترش صادرات محصولات به کشورهای منطقه پیرامونی، به ویژه کشورهای حوزه خلیج فارس را فراهم نماید.

نکته قابل توجه دیگر در مورد صنایع کم دوام مصرفی، تنوع بسیار زیاد واحدهای تولیدی به لحاظ فاصله از صنایع مشابه مدرن در سطح جهان است. صنایع غذایی و نساجی از قدیمی ترین صنایع کشور می باشند و به طور کلی نسل اول صنایع ایجاد شده در کشور عمدتاً در این حوزه قرار می گیرند. برخی از این واحدها بدون بروز تحولی اساسی در تکنولوژی و شیوه های مدیریت، در سایه حمایت های مختلف دولت به حیات خود ادامه داده اند.

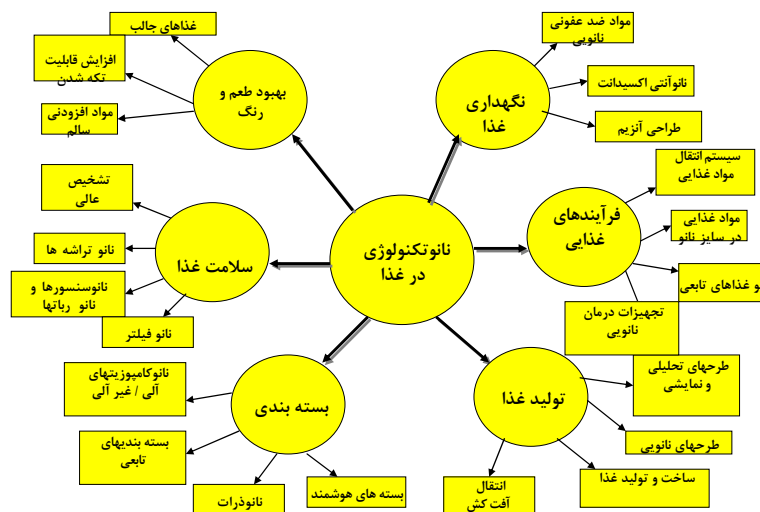
فناوری نانو از جمله فناوری هایی است که بایستی مورد توجه این بخش قرار گیرد و غفلت از آن می تواند باعث از دست دادن بازارهای بزرگی گردد.

## کاربردهای فناوری نانو در صنایع غذایی

حوزه های کاربردی فناوری نانو در صنایع غذایی را می توان به صورت شکل ۱ خلاصه نمود. حوزه های مختلف کاربردی فناوری نانو در غذا و صنایع غذایی را می توان به شش دسته زیر تقسیم بندی نمود:

- نگهداری غذا
- بهبود طعم و رنگ
- سلامت غذا
- بسته بندی
- تولید غذا
- فرآیندهای غذایی

شکل زیر این تقسیم بندی همراه با زیرگروه های هر یک را نشان می دهد. در ادامه به تشریح هر قسمت و نمونه های کاربردی مربوطه که تا بحال وجود داشته است پرداخته می شود.



شکل ۱- حوزه های کاربردی فناوری نانو در صنایع غذایی

### • نگهداری

فناوری نانو از سه طریق می تواند در نگهداری مواد غذایی مؤثر واقع شود:

❖ ضد عفونی و ضد میکروب نمودن سطوح:

فناوری نانو با جابه جا کردن سطح پوشش مواد می تواند تقریباً از ورود هر میکرو ارگانیسم یا میکروب به غذا جلوگیری کند. میکروب کشها با نانو ذرات و نانو قطراتی مانند روغنهای گیاهی و الکهها، دوستدار محیط زیست بوده و برای سلامت انسان بی ضرر هستند.

❖ حفاظت آنتی اکسیدانها:

نگهداری آنتی‌اکسیدان‌های حساس مانند ویتامین‌های K/E/D/A، اسید چرب امگا ۳ و B- کاروتن همواره یک عامل کلیدی در حفظ غذا بوده است. استفاده از نانو حفره‌ها می‌تواند از خراب شدن چنین مواد بی‌ثباتی در طول فرآیند و در زمان انبار بودن جلوگیری کند.

❖ دستورزی و کنترل فعالیت آنزیم‌ها:

فناوری نانو در شناسایی و طراحی ساختمان آنزیم‌ها کاربرد مهمی دارد. فناوری نانو توانایی کنترل متابولیسم آنزیم‌ها توسط تغییر در ساختمان و افزودن دیگر ذرات فعال را دارد. بنابراین می‌توان فعالیتهای آنزیم‌ها را از این طریق تحت کنترل در آورد.

## • تولید

کاربرد فناوری نانو در زمینه تولید غذا می‌تواند از یک طرف در صنعت کشاورزی و از طرف دیگر در ابداع راههای جدید برای تولید غذا که دیگر به شرایط طبیعی وابسته نباشد، مورد اهمیت قرار گیرد. عمده این کاربردها عبارتند از:

❖ آنالیز و شناسایی محصولات کشاورزی:

چیپ‌ها یا نانوسنسورها می‌توانند آفت، آنتی‌بیوتیک‌ها و ژن‌های مختلف را دقیقاً تشخیص دهند.

❖ تولید غذاهای GM:

باکی‌بال‌های قالب‌ریزی شده با اطلاعات ژنتیکی می‌توانند ژنها و عناصر را به نقاط مطلوب حمل کنند.

❖ تولید آفت کش / دارو و حمل آنها:

مانند زمینه دارویی در انسان، نانو ذرات و نانو کپسولها در بهبود اثر دارو کمک خواهند کرد و اثرات جانبی را کاهش می‌دهند.

❖ سنتز و تولید غذا:

آرایش بسیار ریز افزودنیهای غذایی می‌تواند گروههای جدید غذایی را با سنتز مواد تغذیه‌ای مورد نیاز، طعم دهی ترکیبات و پیوند آنزیم‌ها با هم تولید کند. این روش باعث کاهش زیاد وابستگی صنایع غذایی به محیط زیست طبیعی شده و به عنوان یک ایده متفاوت در این زمینه بدون نیاز به ملزومات غذای طبیعی به خدمت در خواهد آمد.

## • بسته‌بندی و سلامت مواد غذایی

چشم اندازهای مالی فناوری نانو، صنایع بسته‌بندی را پررونق نشان می‌دهد. سهم بازار این صنعت در حال حاضر حدود ۱/۱ میلیارد دلار است و پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۱۰ به ۷/۳ میلیارد دلار آمریکا برسد.

در این قسمت به منظور اطلاع از محصولات تجاری و تحقیقاتی که در این حوزه صورت گرفته مثالهایی آورده می‌شود:

شرکت Bayer Polymer کیسه‌ای پلاستیکی با نام Durethan KU۲-۲۶۰۱ تولید کرده است که از محصولات موجود در بازار سبک تر و محکم تر است، همچنین مقاومت بیشتری در برابر گرما از خود نشان می‌دهد. هدف اولیه از تولید پلاستیک‌های بسته‌بندی مواد غذایی، جلوگیری از خشک شدن محتویات آنها و محافظت در مقابل رطوبت و اکسیژن است. پوشش جدید غنی از نانوذرات سیلیکات است. این نانوذرات تا حد زیادی از نفوذ اکسیژن، گازهای دیگر و رطوبت جلوگیری می‌کنند و فساد مواد غذایی را به تعویق می‌اندازند.

سازمان‌های دیگر به کمک فناوری نانو در حال یافتن راهی برای تشخیص فساد مواد غذایی هستند. به عنوان مثال شرکت AgroMicron، افشانه تشخیص دهنده نانوبیولوژیک را ساخته که شامل پروتئین لومینسانس است. در این طرح،

افشانه سطح میکروب‌هایی مانند *E.coli* و *Salmonella* را پوشانده، و از خود نوری ساطع می‌کند و به این روش فساد مواد غذایی تشخیص داده می‌شود. این شرکت امیدوار است بتواند محصول مورد نظر را با نام BioMark وارد بازار کند. در حال حاضر این شرکت در حال ساخت افشانه‌هایی با روش‌های جدید است تا بتواند از آنها در حمل و نقل دریایی استفاده کند.

در راهبرد مشابه، برای اطمینان از سلامت مواد غذایی، محققان اتحادیه اروپا در پروژه Good Food از نانوحسگرهای قابل حمل برای یافتن مواد شیمیایی مضر، پاتوژن‌ها و سم‌ها در مواد غذایی استفاده می‌کنند.

با این کار، دیگر نیازی به فرستادن نمونه‌های مواد غذایی به آزمایشگاه برای تشخیص سلامت و کیفیت محصولات در کشتزارها و کشتارگاه‌ها نیست. همچنین این پروژه، در حال توسعه به کارگیری زیست تراشه‌های DNA برای کشف پاتوژن‌هاست. این روش می‌تواند در تشخیص باکتری‌های مضر و متفاوت موجود در گوشت یا ماهی و یا قارچ‌های میوه مؤثر باشد. این پروژه در نظر دارد با گسترش میکرواحسگرهای رشته‌ای، بتواند آفت‌کش‌های میوه و سبزیجات را به همان خوبی که شرایط محیطی کشتزارها را کنترل می‌کند تشخیص دهد. این نوآوری به نام حسگرهای Good Food نامیده می‌شود.

پروژه سرمایه‌گذاری شده اتحادیه اروپا به نام BioFinger که هدف آن، ساخت ابزارهای ارزان با توان تشخیص آسان در سلامت محیط زیست است، فعالیت دیگری در زمینه آنالیز مواد غذایی دارد. در ابزارهایی که از حامل (cantilever) استفاده می‌کنند، روش بدین صورت است که تیرک (Tip) با ماده شیمیایی پوشانده شده و در برخورد با مولکول‌های خاصی، سیگنال ایجاد می‌کنند. BioFinger با استفاده از این حامل‌ها که به یک میکروتراشه متصل است کوچک‌تر و قابل حمل می‌شود.

ارتش آمریکا در حال ساخت حسگرهای فوق‌العاده‌ای است که از آنها در مقابل حمله‌کننده‌ها به مواد غذایی استفاده می‌شود. در سیستم‌های کنونی چندین روز طول می‌کشد تا وجود پاتوژن‌ها در مواد غذایی تشخیص داده شود. تشخیص سریع پاتوژن‌ها به وسیله این حسگرها به زودی باعث فراگیر شدن این فناوری در صنعت مواد غذایی خواهد شد.

محققان دانشگاه بُن در حال ساخت پوشش‌های دفع‌کننده آلودگی برای بسته‌بندی‌ها با استفاده از اثر لوتوس (نیلوفر آبی) (قطره آب از سطح برگ‌های نیلوفر آبی می‌لغزد و در نتیجه هر موم مانند نانومقیاس، سطح برگ را می‌پوشاند) هستند. کشتارگاه‌ها و محل‌های فرآوری گوشت نیز می‌توانند از این فناوری استفاده کنند. گروه تحقیقاتی دانشگاه انگلیسی لیدز دریافته‌اند که نانوذرات اکسید منیزیم و اکسید روی باعث از بین بردن میکروارگانیزم‌ها می‌شوند. استفاده از این مواد بسیار ارزان‌تر از نانوذرات نقره است و می‌تواند کاربرد زیادی در بسته‌بندی مواد غذایی داشته باشند. فناوری شناخت فرکانس‌های رادیویی (RFID) در بیش از ۵۰ سال پیش توسعه یافت، ولی امروزه این فناوری راه خود را برای کنترل مواد غذایی در مغازه‌ها پیدا کرده است. در این فناوری با استفاده از میکروپردازشگرها می‌توان داده‌ها را به گیرنده‌های بی‌سیم ارسال کرد. امروزه می‌توان از این روش برای کنترل اقلام غذایی از انبار تا دست مصرف‌کننده بهره گرفت. برخلاف بارکدها که نیاز به اسکن دستی و خواندن یک به یک دارند، برچسب‌های RFID نیازی به خوانده شدن خطی نداشته و امکان خواندن تعداد زیادی از آنها در یک ثانیه وجود دارد. فروشگاه‌های زنجیره‌ای مانند Home Depot، Mart Wal و Tscو Metro در حال آزمایش این فناوری هستند. ضعف اصلی این روش، افزایش هزینه تولید است که نتیجه ساخت سیلیکونی آن می‌باشد. با ترکیب فناوری نانو و الکترونیک (نانوترونیک) این برچسب‌ها ارزان‌تر و کارا تر شده، همچنین پیاده‌سازی آنها آسان تر می‌شود.

گروهی از دانشمندان شمال اروپا، کنسرسیوم نانوغذایی را با هدف توسعه کاربردهای فناوری نانو در این صنعت و با تأکید بر مواد غذایی سالم و مطمئن تشکیل داده‌اند. این مجمع، متشکل از شرکت‌های Danisco Arla Foods, Danish Crown amba hus United A/S, Ar A/S, آوردن مواد غذایی سالم برای مشتریان، اولویت‌های این کنسرسیوم عبارت از توسعه حسگرهایی که قادر به تشخیص سریع سم در ترکیبات و یا باکتری‌های مضر در نمونه‌های غذایی باشند، گسترش سطوح ضد باکتری برای ماشین‌هایی که در تولید مواد غذایی به کار می‌روند، گسترش ساخت پوشش‌های محکم‌تر و ارزان‌تر، تولید مواد غذایی با ترکیبات خوراکی سالم‌تر می‌باشد.

تحقیقات مرکز دانمارک در بخش پژوهش‌های پیشرفته غذایی (LMC) که از همبستگی مؤسسات دانمارکی فعال در زمینه علوم غذایی تشکیل شده‌اند، برنامه‌های خود را در چارچوب هفتمین برنامه خود به صورت زیر اعلام می‌دارد:

درک پایه‌ای از مواد غذایی و تغذیه حیوانات برای نوآوری هوشمند؛

سیستم‌های زیست‌شناسی در تحقیقات غذایی؛

بازنگری زیستی در بخش محصولات غذایی؛

پیشرفت‌های فناوری؛

علم مواد خوراکی؛

نوآوری‌هایی بر اساس نیاز مشتری و ارتباطات غذایی.

آنها معتقدند تمرکز روی این برنامه‌ها می‌تواند موجب دستیابی کامل و چندجانبه در تحقیقات و توسعه مواد غذایی در اروپا شود. همچنین امیدوارند از نانو مواد با ویژگی‌های کاربردی به منظور استفاده در نانو حسگرها و فناوری نانو سیالات در صنایع غذایی استفاده کنند. پیشرفت در مواد بسته‌بندی هوشمند، امکان کنترل شرایط محصولات در طول حمل و نقل و استفاده از روش‌های بسته‌بندی مبتنی بر زیست‌شناسی را برای ما مهیا می‌سازد.

## کاربردهای فناوری نانو در صنایع غذایی، تقسیم‌بندی براساس فناوری

فناوری‌های گوناگون مورد استفاده در صنایع غذایی از دیدگاه فناوری نانو شامل موارد زیر می‌باشد:

❖ طراحی آرایه‌ای

❖ تیمار مواد

❖ مشاهدات و مونیتورینگ

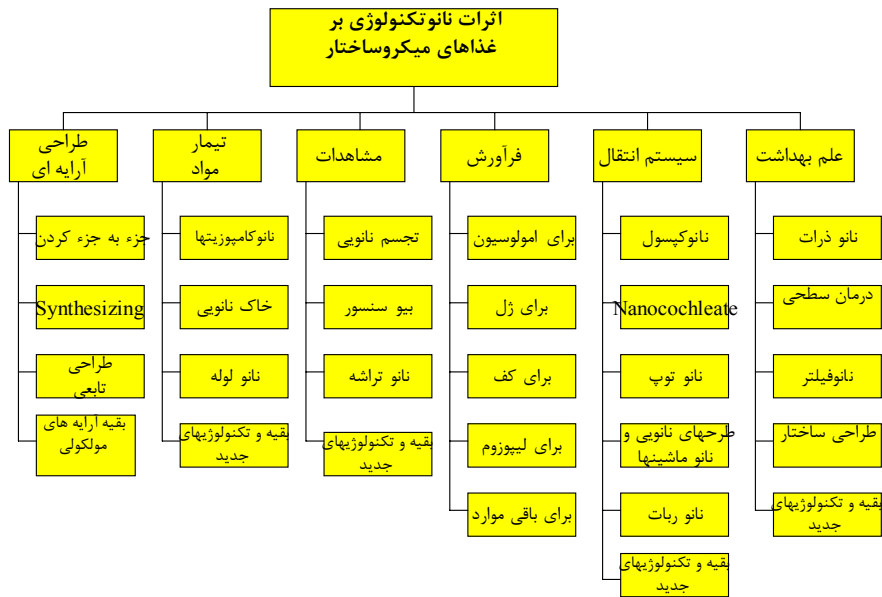
❖ فرآورش

❖ سیستم انتقال

❖ علم بهداشت و سلامت

شکل زیر، زیرگروه‌های هر یک از این فناوری‌ها را نشان می‌دهد.

## کاربردهای فناوری نانو در صنایع غذایی، تقسیم‌بندی براساس فناوری



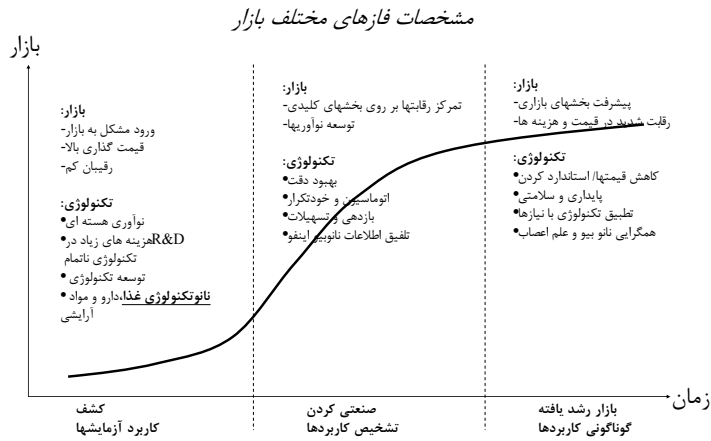
شکل ۲- نمودار کاربردهای فناوری نانو در صنایع غذایی، تقسیم‌بندی براساس فناوری

### چرخه عمر تکنولوژی در بخشهای مختلف نانو غذا

منحنی S شکل چرخه تکنولوژی نشان می‌دهد که نانوتکنولوژی در غذا در آغاز راه و در مرحله کشف و کاربرد آزمایشها قرار دارد. همانگونه که در نمودار زیر مشخص است، در این مرحله ورود به بازار به سختی صورت می‌گیرد و به همین دلیل نیز تعداد رقیبان اندک است، اما قیمتها در این منطقه بالاست و این به معنی بالا بودن ارزش افزوده در این مرحله از تکنولوژی است. مشخصه بارز این مرحله هزینه‌های R&D بالاست.

به نظر نمی‌رسد کاربردهای نوینی از نانوتکنولوژی در صنایع غذایی وارد مراحل بعدی چرخه عمر (رشد و بلوغ) شده باشند، اما در عین حال آن حوزه‌هایی از نانوتکنولوژی که قابل انتشار در صنایع موجود غذایی هستند، بعضاً ممکن است در مرحله رشد قرار گیرند.

## چرخه عمر تکنولوژی در بخشهای مختلف نانو غذا

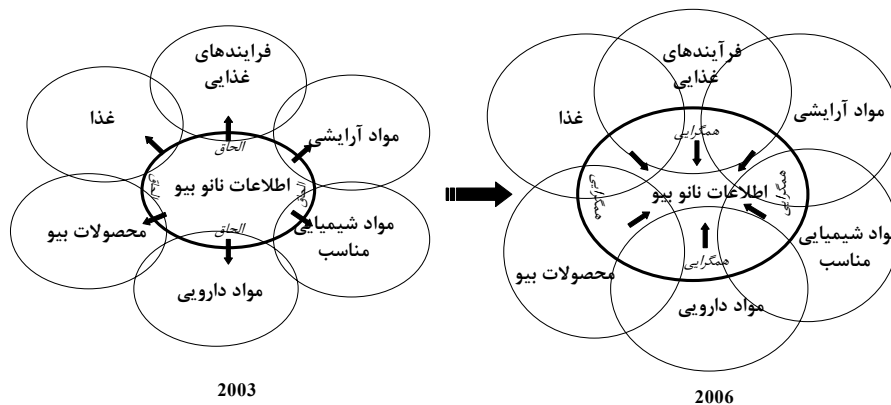


شکل ۲- چرخه عمر تکنولوژی در بخشهای مختلف نانو غذا

## گسترش ارتباط نانو بیو و محصولات و فرآیندهای غذایی

در سال ۲۰۰۳ مطابق شکل زیر نانوفناوری زیستی با فرآیندهای غذایی، غذا، محصولات بیو، مواد دارویی، مواد شیمیایی و مواد آرایشی مرزهای مشترک پیدا می نمود اما ارتباط این علوم فناوریها به شدت در حال افزایش است به گونه ای که برآکنش آنها در سال ۲۰۰۶ طوری است که در تصویر سمت راست شکل ۲ مشخص گردیده است. علاوه بر اینکه تداخل بیشتری با نانو بیو پیدا می کنند با یکدیگر نیز تداخل می یابند.

نحوه تعامل و همگرایی تکنولوژیهای مرتبط با نانو غذا  
تصویر برآکنش



شکل ۳- نحوه تعامل و همگرایی تکنولوژیهای مرتبط با نانو غذا

## بازار:

### پیش بینی بازار صنایع غذایی تا سال ۲۰۱۵ به شکل زیر می باشد:

جدول ۱- پیش بینی بازار صنایع غذایی تا سال ۲۰۱۵

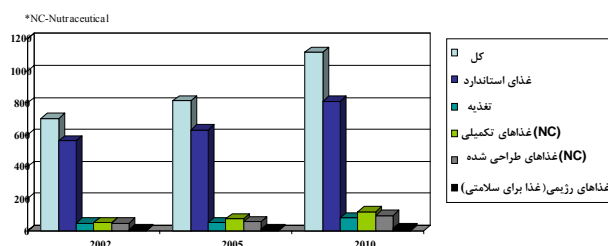
	2003	2004	2005	2006	2010	2015
تحقیق و توسعه	۱.۲	۱.۶	۱.۹	۲.۴	۸.۵	۱۲.۵
طراحی / ابزار	۰.۱	۰.۴	۰.۶	۰.۸	۱.۴	۴.۱
محصولات / فرآیند	۰.۶	۰.۷	۰.۹	۱.۳	۲.۶	۶.۹
بسته بندی / سلامتی	۰.۳	۰.۸	۱.۲	۱.۴	۳.۵	۷.۵
کاربردهای غذا	۰.۴	۰.۶	۰.۸	۱.۱	۴.۴	۲۲.۵
کل	۲.۶	۴.۱	۵.۴	۷.۰	۲۰.۴	۵۳.۵

همان طور که در جدول ۱ مشاهده می گردد تا سال ۲۰۰۶ روند صعودی در بازار تمامی حوزه های صنایع غذایی دیده می شود و در تحقیق و توسعه این میزان از سایر حوزه ها بیشتر است. از سال ۲۰۰۶ تا سال ۲۰۱۰ شیب و سرعت تغییر بازار بیشتر شده تا این تاریخ هم هزینه های صورت گرفته در تحقیق و توسعه بازار بیشتر از سایر حوزه هاست. اما از سال ۲۰۱۰ به بعد با توجه به آنکه در فناوری نانو بیشتر حوزه ها به سمت کاربرد خواهند رفت میزان هزینه صورت پذیرفته در تحقیق و توسعه نسبت به سایر حوزه ها با شیب کمتری افزایش می یابد و بیشترین سرمایه گذاریها را در حوزه غذاهای فانکشنال خواهیم داشت.

### پیش بینی بازار صنایع غذایی از سال ۲۰۰۲ تا سال ۲۰۱۰ در حوزه های مختلف

جدول ۲- پیش بینی بازار صنایع غذایی از سال ۲۰۰۲ تا سال ۲۰۱۰ در حوزه های مختلف (US\$ bn)

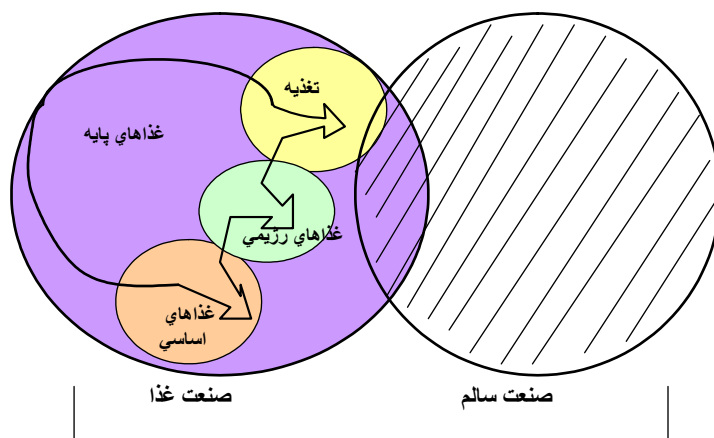
	۲۰۰۲	۲۰۰۵	۲۰۱۰
کل	۷۰۲	۸۱۱	۱۱۱۴
غذای استاندارد	۵۶۰	۶۳۰	۸۱۰
تغذیه	۴۵	۴۹	۷۸
غذاهای تکمیلی (NC)	۴۹	۷۲	۱۱۹
غذاهای طراحی شده (NC)	۴۵	۵۴	۹۵
غذاهای رژیمی (غذا برای سلامتی)	۳	۶	۱۲



در جدول و نمودار فوق حجم بازار صنایع غذایی به تفکیک حوزه های مختلف آورده شده است. همانگونه که در جدول نیز مشخص است بازار صنایع غذایی از سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۵ از یک رشد نسبی برخوردار بوده اما پس از آن تا سال ۲۰۱۰ با شیب بیشتری توأم خواهد بود. و به بیش از ۱۱۰۰ میلیارد دلار خواهد رسید. جالب اینکه حجم بسیار بالایی از این بازار (حدود ۷۳ درصد) مربوط به غذاهای استاندارد (با کیفیت بالا) است. از طرفی مهم ترین کاربرد فناوری نانو در صنایع غذایی کنترل کیفیت و استاندارد سازی می باشد. بنابراین این فناوری قابلیت ازتقاء بازار ۸۰۰ میلیارد دلاری سال ۲۰۱۰ را خواهد داشت. ضمن اینکه در سایر حوزه های ذکر شده در جدول نیز فناوری نانو دارای کاربرد های مناسبی است.

## روند بازار در صنعت غذایی

با پیشرفت فناوریهای نانو - بیو - نئورال - اینفو، کاربردهای استاندارد غذایی به طور وسیعی تخصصی و متنوع می شوند. مردم نه برای گرسنگی بلکه برای سلامتی غذا می خورند. علم تغذیه استاندارد غذایی بهینه می شود. بازار غذایی عام راکد خواهد شد یا حتی در بعضی از بخشها زمانی که غذاهایی با کاربرد بیشتر در فروش رونق یابد، کاهش خواهد یافت. غذای استاندارد را در بازار تغذیه، غذای رژیمی و غذای سالم پراکنده می کنند. در همان زمان، علم تغذیه، بازار غذای سالم و رژیمی با افزایش نسبت غذای سالم در رژیم روزانه و با اطلاعات بهتر و سرویس برای تغذیه فردی و پیشرفت nutrion genomics و سیستم انتقال تغذیه ای رشد خواهد کرد.



همگرایی تکنولوژیهای مولکولی

شکل ۴- همگرایی تکنولوژی های مولکولی

## راهبرد بازار در بخش نانو - غذا:

### توصیه برای ورود به بازار فناوری نانو

زمان برای ورود به بازار فناوری نانو و همگرایی فناوری بازار نانو - بیو - نئورال - اینفو کم است زیرا بیشتر کمپانیهای هدایت کننده در جهان بازار خود را ثبت و کاربردها در صنعت غذایی سریعاً رشد می کند. مراحل و راههای ممکن برای ورود به بازار عبارتند از:

گشایش پروژه‌های R&D در فرایندهای غذایی، تولید و بسته بندی با هدف وارد کردن فناوری نانو و سهمی در پیشرفت آینده داشتن ورود به بازار تغذیه، غذاهای کاربردی، nutraceutical ها و مواد آرایشی بهداشتی با خط تولید شخصی زیرا بازار اینها در صف جلویی برای فناوری نانو، نانو- بیو و نانو- بیو - نئورال است، برای نمونه برای aging و غذای مغز. تعریف پروژه‌های بازار یابی و R&D. رسیدگی به محصولات امروز با هدف پیدا کردن اینکه فناوری نانو کجا و چگونه می‌تواند پتانسیل‌های سودمند را بهبود و بهینه کند.

رسیدگی احتیاجات کمپانیها برای پروژه‌های فناوری نانو و نانو - بیو:

R&D

تولید غذا

فرایند غذایی

حفاظت غذایی

بهبود طعم و رنگ

سلامت غذایی

بسته بندی

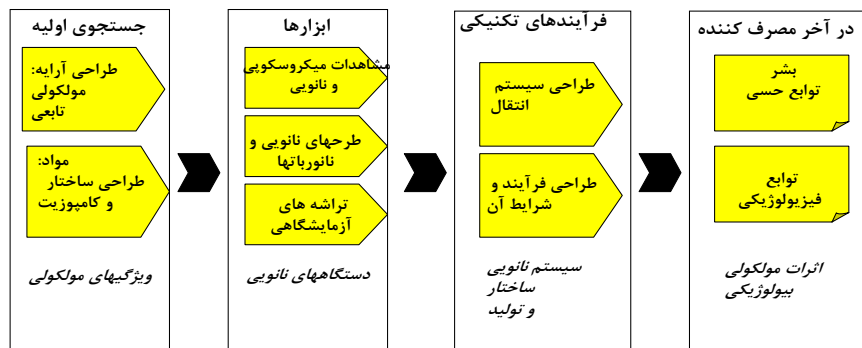
## زنجیره ارزش و نقاط ارزش افزوده فناوری نانو در صنعت غذایی

زنجیره ارزش مجموعه فعالیت‌های مرتبطی است که در یک یا چندین سازمان انجام شده تا ارزش را در قالب خدمات به مشتریان منتقل کند. البته در فناوری‌های برتر و نوظهور زنجیره ارزش عبارت است از کلیه فعالیت‌هایی که در مجموعه ای از سازمانها انجام شده تا دانش به صورت گام به گام ارزش افزایی نموده و در نهایت به صورت کالا و خدمات به مصرف کنندگان نهایی برسد. در شکل زیر زنجیره ارزش محصولات نانو غذا به چهار حلقه تقسیم شده است که عبارتند از: جستجوی اولیه، ابزارها، فرایندهای تکنیکی و تجاری سازی (مصرف کننده). نکته حائز اهمیت در شکل ۵ آن است که تأمین دستگاهها و ابزارهای مورد نیاز برای سیستمهای نانو آنقدر اهمیت دارد که به عنوان یکی از حلقه‌های زنجیره ارزش از آن یاد می‌شود. بنابراین تأمین تجهیزات مورد نیاز برای صنایع مرتبط با نانو غذا همواره یکی از دغدغه‌های متولیان این بخش از صنعت خواهد بود.

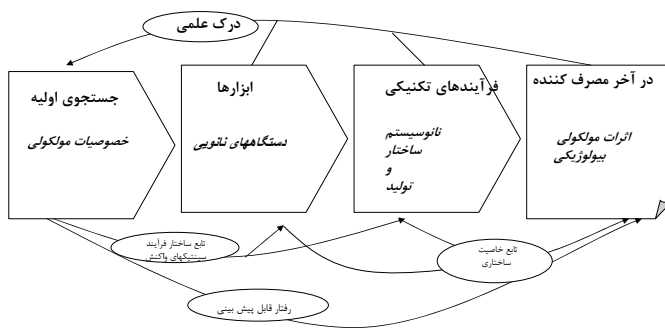
مطالعات اولیه طراحی دستگاهها و فرایندهای تکنیکی با درک و زمینه لازم، با معنی فهم اساس - ساختار- فرآیند واکنش را تهیه خواهد کرد. طراحی فرایند، بهبود ساختمان مواد و افزودن کاربردها، همه برپایه فهمیدن است. بنابراین تحقیقات اولیه، مطالعه روی واکنش فیزیولوژیکی و بیولوژیکی انسان در برابر استفاده از مواد در مقیاس مولکولی با پیش‌بینی نامحدود مصرف کننده خواهد بود. طراحی دستگاهها و تکنیکهای فرایند به اثرات بیولوژیکی انسان اهمیت می‌دهد. آنها باید ساختارشان را متعادل کرده و برای جلب رضایت مشتری خواص بیشتری را به وجود آورند. به طور معکوس، نتایج و انجام سه قسمت آخر، تحقیقات اولیه پیش زمینه، درک ارزشمندی را برای دانشمندان و توسعه دهنده‌های فناوری تأمین خواهد کرد.

شکل های ۵ و ۶ زنجیره ارزش و نقاط ارزش افزوده فناوری نانو در صنعت غذا و ارتباط پارامترها و مراحل مختلف را نشان می دهد و شکل ۷ ارزش افزوده ای که متوجه تولیدکنندگان است و شکل ۸ ارزش افزوده مصرف کنندگان را بیان می کند.

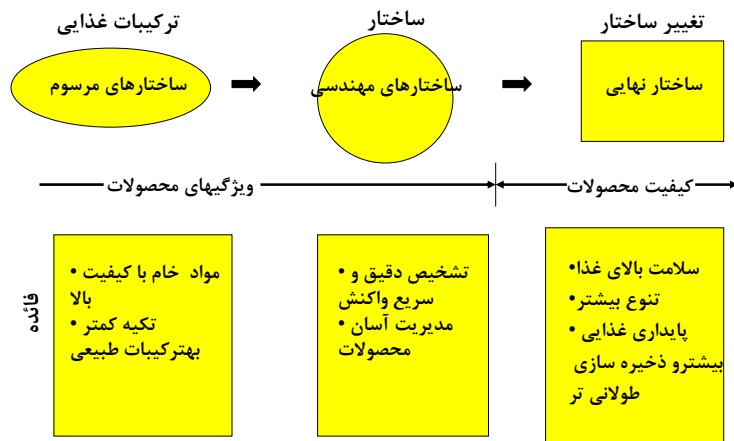
نقاط ارزش افزوده نشان داده شده مرتبط با شرکتهای بوده و مربوط به دانشگاهها نیست.



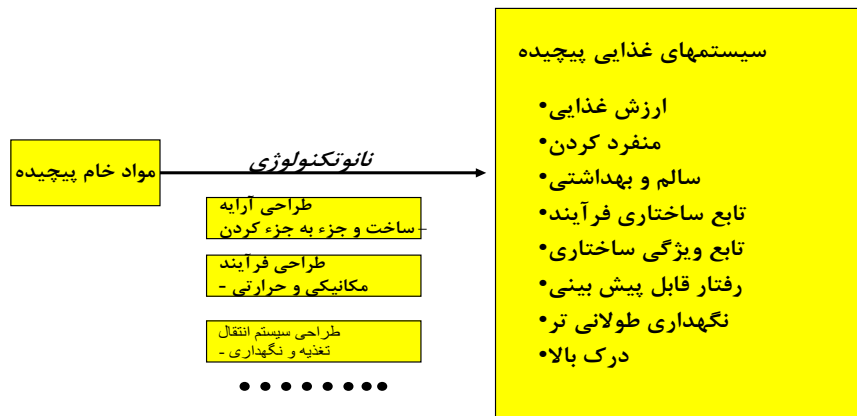
شکل ۵- زنجیره ارزش و نقاط ارزش افزوده نانو تکنولوژی در صنعت غذایی



شکل ۶- زنجیره ارزش و نقاط ارزش افزوده نانو تکنولوژی در صنعت غذایی



شکل ۷- ارزش افزوده برای تولید کننده گان



شکل ۸- ارزش افزوده برای مصرف کننده گان

### جمع بندی و پیشنهاد

بر اساس زنجیره ارزش محصولات مرتبط با فناوری نانو در صنایع غذایی، می توان در دو سطح اقدام به اولویت بندی در این حوزه نمود که این دو سطح عبارتند از "سطح فناوری های پایه" و "سطح کاربردها". مهمترین کاربردها، ابزارها و فناوری های پایه مرتبط با نانو غذا در جدول زیر آورده شده اند:

ردیف	مهمترین کاربرد	ابزارهای مهم	مهمترین فناوری‌های پایه
۱	کنترل کیفیت مواد غذایی	نانوسنسورها	نانوسیم‌ها و NEMS
۲	ارزیابی و تامین سلامت مواد غذایی	چیپ‌ها و نانوفیلترها	نانوذرات و نانوالیاف
۳	بسته‌بندی مواد غذایی	فیلم‌های هوشمند و انتخابی	نانوذرات و نانوکامپوزیت‌ها
۴	تولید افزودنی‌های غذایی	امولسیون‌ها	نانوامولسیون‌ها

بر اساس این جدول، اگر هر یک از کاربردهای فوق‌الذکر به عنوان اولویت در نظر گرفته شوند، به ترتیب نیاز به ابزارهایی دارند و این ابزارها نیز خود محتاج به فناوری‌های پایه‌ای هستند که در ستون آخر جدول به مهم‌ترین آنها اشاره شده است. بنابراین مسئله مهم آن است که کدام یک از کاربردهای فناوری نانو در صنایع غذایی باید در کشور مورد توجه بیشتری قرار گیرند تا بر مبنای آن فناوری‌های پایه اولویت‌دار نیز مشخص شوند. در این خصوص می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

تجربیات توسعه بیوتکنولوژی در کشور نشان می‌دهد که موفقیت‌چندانی در تولید افزودنی‌ها و غذاهای جدید مبتنی بر بیوتکنولوژی در کشور وجود ندارد. چراکه معمولاً این حوزه از فناوری دارای سطح پیچیدگی بیشتری است و از طرفی استانداردهای کیفی سخت‌تری نیز در این مورد وجود دارد؛ به طوری که در حال حاضر نیز تقریباً تمامی افزودنی‌های حاصل از بیوتکنولوژی در صنایع کشور از طریق واردات تامین می‌شوند. از طرفی همانگونه که پیش از این ذکر شد، متأسفانه تعداد انگشت‌شماری از کارخانجات صنایع غذایی کشور موفق به حضور در بازارهای جهانی گشته‌اند که یکی از مهم‌ترین علل آن فقدان پرستیژ کافی در عرصه بین‌المللی است. با این توضیحات به نظر می‌رسد سه کاربرد "بسته‌بندی مواد غذایی"، "ارزیابی و تامین سلامت مواد غذایی" و "کنترل کیفیت مواد غذایی" از اولویت بیشتری در کشور برخوردارند. با این تفاسیر می‌توان مدعی شد که فناوری‌های پایه نانوذرات، نانوکامپوزیت‌ها، نانوالیاف، نانوسیم‌ها و NEMS در حوزه نانو غذا از اهمیت بیشتری برخوردار هستند.

## منابع

- <http://www.inano.dk/sw5063.asp>
- [www.nanofood.info](http://www.nanofood.info)
- <http://www.nanoinvestornews.com/index.php>
- <http://www.inano.dk/sw174.asp>
- <http://www.nsti.org/Nanotech2005/showbio.html?id=48>
- <http://www.nsti.org/Nanotech2005/symposia/nanofluids.html>
- [www.etcgroup.org](http://www.etcgroup.org), "Down on the farm"
- <http://www.organicconsumers.org/>
- <http://www.goodfood-project.org/>
- <http://www.foodproductiondaily.com/news/news-NG.asp?n=54760-nanotechnology-a-food>

- <http://www.nutralease.com/index.asp>
- <http://www.voyle.net/Nano/2005/Nano/2005-001.htm>
- <http://www.laweekly.com/ink/24/01/machine-alimurung.php>
- [http://www.etcgroup.org/documents/ETC\\_DOTFarm2004.pdf](http://www.etcgroup.org/documents/ETC_DOTFarm2004.pdf)
- <http://www.hkc22.com/Nanofood.html>
- <http://www.foodproductiondaily.com/news/news-NG.asp?n=54667-uk-food-scientists>
- <http://www.clemson.edu/scg/food/dawson.htm>
- <http://www.egr.msu.edu/~kalaitzi/ref1.htm>
- ETC Group News Release Thursday, 13 October 2004
- <http://www.israel1c.com/bin/en.jsp?enPage=BlankPage&enDisplay=view&enDispWhat=object&enDispWho=Articles/5Elv22&enZone=Health&enVersion=.0>
- <http://www.shemen.co.il/english/nutrition-health.html>    -<http://www.ukabc.org/wfd-esf2004.htm>
- ETC Group News Release Thursday, March 25, 2004
- <http://www.nutralease.com/index.asp>
- [www.Etcgroup.com](http://www.Etcgroup.com)
- ETC Group, "DOWN ON THE FARM: The impact of Nano\_scale Technologies on food and Agriculture" ETC communiqué, November 2004.
- ETC Group, "Green Goo: Nano biotechnology comes Alive" communique, January/February 2003.
- ETC Group "After GM food comes Nano food" ETC communiqué , November 2004
- [www.FMI.org/ADVANTAGE/](http://www.FMI.org/ADVANTAGE/)
- I. Brody Aaron, "Nano, Nano Food Packaging Technology", Food technology, Vol. 57, No. 12, 52-54
- Carmen I. Moraru, "Nanotechnology: A New Frontier in Food Science", Food technology, Vol. 57, No. 12, 24-29
- [www.productiondaily.com](http://www.productiondaily.com), "Space station technology applied to food packaging", "Pliant wins packaging research contracts "
- [www.foodquality.com](http://www.foodquality.com), "Nanotechnology: a food production revolution in waiting", "UK urges caution over nanotechnology ", "Coating process could revolutionise food packaging "
- [www. Newscientist.com](http://www.Newscientist.com)
- Helmut Kaiser. 2005. Nanotechnology in Food and Food Processing Industry Worldwide 2003-2006-2010-2015 (Applications, Key Technologies, Markets and Developments of Nanotechnology in Food Production, Processing, Preservation, Safety and Packaging). Tübingen
- Niemeyer, C, M and C, A, Mirkin. 2004. Nanobiotechnology - Concepts, Applications and Prospectives. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA
- Coburn, A, Spence, R, Earthquake protection, 2002.

- JICA, the study on seismic microzoning of the Tehran, ۲۰۰۰.
- JICA, the comprehensive master Plan study on urban seismic disaster prevention and management for Tehran, ۲۰۰۴.
- Anthony B.G and Elieen.M.v “Multi-kilometer tall Towers – An Examination”
- <http://www.inframat.com/hydro۲.htm>
- <http://www.corrosioncost.com>
- <http://www.nationmaster.com/graph-T/env-urb-no۲-com>
- <http://www.osmonics.com/products/page۲۲۳.htm>
- Battelle Memorial Institute and Biotechnology Industry Organization, ۲۰۰۱. State Government Initiatives in Biotechnology .[www.bio.org](http://www.bio.org)
- Biotechnology Industry Organization, ۲۰۰۲ Biotechnology Industry Statistics: Some Facts About Biotechnology .[www.bio.org](http://www.bio.org)
- Biotechnology Industry Organization, ۲۰۰۲ Biotechnology Industry Statistics: -۱۹۹۳ .۲۰۰۱ [www.bio.org](http://www.bio.org)
- Biotechnology Industry Organization, ۲۰۰۲. Time Line of Biotechnology .
- James, C. ۲۰۰۱. Global review of commercialized transgenic crops: ۲۰۰۱. ISAAA Brief No. ۲۴
- Ernest and Young, ۲۰۰۰. The Economic Contribution of the Biotechnology Industry to the U.S. Economy .[www.bio.org](http://www.bio.org)
- [www.bio.org/index.asp](http://www.bio.org/index.asp)
- Ernst & Young. ۲۰۰۲. Biotech. an Industry Reaching Across Borders . [www.ey.com/global/Content.nsf/International](http://www.ey.com/global/Content.nsf/International)