

APPLICATION OF NANOTECHNOLOGY IN THE FOOD INDUSTRY



Nijat Ismayilov¹
Huseyngulu Guliyev²

UDC: 664:620.3:614.31:005.52

LBC: 36.81-05:32.965:30.604

HoS: 165

doi: 10.33864/2790-0037.2026.v7.i2.187-199

Keywords:

Food safety,
Food processing,
Food packaging,
Sensors,
Nanoemulsions,
Nanolaminates

Subject area:

Physical,
Mathematical and
Technical Sciences

Research field:

Industrial
Engineering

ABSTRACT

Nanotechnology is a rapidly developing research area with wide application potential in various fields in recent years. This field includes biomedicine, environmental remediation, consumer products, optoelectronics, chemical catalysis, renewable energy, medical devices, and the food industry. Applications of nanotechnology in the food industry include the detection of contaminants, the production of pollution-free and healthy food for consumers, and the improvement of food properties.

Nanotechnology-based sensors are used during food processing to prevent contaminants and increase food safety and quality. Packaging systems developed with this technology allow for the detection of food spoilage inside the container. Nanotechnology is also used to improve the taste, texture, color, and overall quality of food through nanoadditives. In addition, nanoemulsions and nanolaminates are applied to increase and improve the nutritional value of food products.

Industrial significance: Nanotechnology is mainly used for the inspection and protection of food during processing, storage, and transportation. This technology helps protect food from contamination and increase its shelf life. It allows for the development of innovative methods that are currently in demand in the food industry. This review article summarizes the main areas of application of nanotechnology in the food industry.

¹ 2nd course master student,
Department of Economics and Technology Sciences, International Master's and Doctoral Center, Azerbaijan State University of Economics; Baku, Azerbaijan

E-mail ismayiloff050@gmail.com

² Doctor of Philosophy in Physics,

Head of program "Computer Science" and "Information Technology and Systems Engineering" majors; Baku, Azerbaijan

E-mail huseynqulu.guliyev@unec.edu.az

<https://orcid.org/0000-0002-6306-658X>

To cite this article: Ismayilov, N., & Guliyev, H. [2026]. Application of Nanotechnology in the Food Industry. *History of Science journal*, 7(2), pp.187-199.

<https://doi.org/10.33864/2790-0037.2026.v7.i2.187-199>

Article history:

Received: 2 March 2026

Revised: 3 April 2026


Accepted: 1 June 2026

Published: 15 June 2026



NANOTEKNOLOGİYANIN QIDA SƏNAYESİNDƏ TƏTBİQİ



Nicat İsmayilov¹
Hüseynqulu Quliyev² 

UOT: 664:620.3:614.31:005.52

KBT: 36.81-05:32.965:30.604

HoS: 165

doi: 10.33864/2790-0037.2026.v7.i2.187-199

Açar sözlər:

Qida təhlükəsizliyi,
Qida emalı,
Qida qablaşdırılması,
Sensorlar,
Nanoemulsiyalar,
Nanolaminat

Sahə:

Fizika-riyaziyyat və
Texnika Elmləri

Tədqiqat sahəsi:

Sənaye
Mühəndisliyi

ANNOTASIYA

Nanotexnologiya son illərdə sürətlə inkişaf edən və müxtəlif sahələrdə geniş tətbiq imkanlarına malik olan bir tədqiqat istiqamətidir. Bu sahəyə biotibb, ətraf mühitin bərpası, istehlak məhsulları, optoelektronika, kimyəvi kataliz, bərpa olunan enerji, tibbi cihazlar və qida sənayesi daxildir. Qida sənayesində nanotexnologiyanın tətbiqlərinə çirkləndiricilərin aşkar edilməsi, istehlakçılar üçün çirklənmədən azad və sağlam qidanın istehsalı və qidanın xüsusiyyətlərinin yaxşılaşdırılması daxildir.

Nanotexnologiya əsaslı sensorlar qida emalı zamanı istifadə olunaraq çirklərin qarşısını alır və qidanın təhlükəsizliyini və keyfiyyətini artırır. Bu texnologiya ilə hazırlanmış qablaşdırma sistemləri qabın daxilində qidanın xarab olmasını müəyyən etməyə imkan verir. Nanotexnologiya həmçinin nanoəlavələr vasitəsilə qidanın dadını, teksturasını, rəngini və ümumi keyfiyyətini yaxşılaşdırmaq üçün istifadə olunur. Bundan başqa, nanoemulsiyalar və nanolaminatlar qida məhsullarında qida maddələrinin artırılması və yaxşılaşdırılması məqsədilə tətbiq edilir.

Sənaye baxımından əhəmiyyəti: Nanotexnologiya əsasən qidanın emalı, saxlanması və daşınması zamanı yoxlanılması və qorunması üçün istifadə olunur. Bu texnologiya qidanın çirklənmədən qorunmasına və saxlanma müddətinin artırılmasına kömək edir. Hazırda qida sənayesində tələb olunan innovativ üsulların hazırlanmasına imkan yaradır. Bu icmal məqalə qida sənayesində nanotexnologiyanın əsas tətbiq sahələrini ümumiləşdirir.

¹ 2-ci kurs magistr tələbəsi,

İqtisadi və texnoloji elmlər kafedrası, Beynəlxalq Magistratura və Doktorantura Mərkəzi, Azərbaycan Dövlət İqtisad Universiteti, Bakı, Azərbaycan

E-mail: ismayiloff050@gmail.com

² Fizika üzrə fəlsəfə doktoru,

“Kompüter elmləri” və “İnformasiya texnologiyaları və sistemləri mühəndisliyi” ixtisaslarının proqram rəhbəri; Bakı, Azərbaycan

E-mail: huseynqulu.quliyev@unec.edu.az

<https://orcid.org/0000-0002-6306-658X>

Məqaləyə istinad: İsmayilov, N., & Quliyev, H. [2026]. Nanotexnologiyanın Qida Sənayesində Tətbiqi. *History of Science jurnalı*, 7(2), səh.187-199.

<https://doi.org/10.33864/2790-0037.2026.v7.i2.187-199>

Məqalənin tarixçəsi:

Daxil olub: 02.03.2026

Yenidən baxılıb: 03.04.2026

Təsdiqlənib: 01.06.2026

Dərc olunub: 15.06.2026



ПРИМЕНЕНИЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ



Ниджат Исмаилов¹
Гусейнгулу Гулиев² 

УДК: 664.620.3:614.31:005.52

ББК: 36.81-05:32.965:30.604

HoS: 165

doi: 10.33864/2790-0037.2026.v7.i2.187-199

Ключевые слова:

Безопасность
пищевых продуктов,
Пищевая
промышленность,
Пищевая упаковка,
Датчики,
Наноэмульсии,
Наноламинаты

Область исследования:

Физические,
математические и
технические науки

Научная область:

Промышленная
инженерия

АННОТАЦИЯ

Нанотехнологии - это быстро развивающаяся область исследований с широким потенциалом применения в различных областях в последние годы. К этой области относятся биомедицина, очистка окружающей среды, потребительские товары, оптоэлектроника, химический катализ, возобновляемая энергия, медицинские приборы и пищевая промышленность.

Применение нанотехнологий в пищевой промышленности включает обнаружение загрязняющих веществ, производство экологически чистых и здоровых продуктов питания для потребителей, а также улучшение свойств пищевых продуктов. Датчики на основе нанотехнологий используются в процессе обработки пищевых продуктов для предотвращения загрязнения и повышения безопасности и качества продуктов. Системы упаковки, разработанные с использованием этой технологии, позволяют обнаруживать порчу продуктов внутри контейнера.

Нанотехнологии также используются для улучшения вкуса, текстуры, цвета и общего качества пищевых продуктов с помощью нанодобавок. Кроме того, наноэмульсии и наноламинаты применяются для повышения и улучшения пищевой ценности продуктов.

Промышленное значение: Нанотехнологии в основном используются для контроля и защиты пищевых продуктов во время обработки, хранения и транспортировки. Эта технология помогает защитить продукты от загрязнения и увеличить срок их хранения. Она позволяет разрабатывать инновационные методы, которые в настоящее время востребованы в пищевой промышленности. В данной обзорной статье обобщены основные области применения нанотехнологий в пищевой промышленности.

¹ Студент 2-го курса магистратуры,

Кафедра Экономики и технологических наук, Международный центр магистерских и докторских наук, Азербайджанский государственный экономический университет; Баку, Азербайджан

E-mail: ismayiloff050@gmail.com

² Доктор философии по физике,

Руководитель программ по специальностям «Компьютерные науки» и «Информационные технологии и системная инженерия»; Баку, Азербайджан

E-mail: huseynqulu.quliyev@unec.edu.az

<https://orcid.org/0000-0002-6306-658X>

Цитировать статью: Исмаилов, Н., & Гулиев, Г. [2026]. Применение Нанотехнологий в Пищевой Промышленности. *Журнал History of Science*, 7(2), с.187-199.

<https://doi.org/10.33864/2790-0037.2026.v7.i2.187-199>

История статьи:

Поступила: 02.03.2026

Переработана: 03.04.2026

Принята: 01.06.2026

Опубликована: 15.06.2026



1. Giriş

Son onilliklər ərzində nanoelm və nanotexnologiya elmdə inqilabi yenilik kimi meydana çıxmışdır. “Nano” sözü ilk olaraq yunan dilindən götürülmüş və “cücə” mənasını ifadə edir. Nanotexnologiyanın nəzəri əsası 1959-cu ildə Nobel mükafatçısı fizik Richard Feynman tərəfindən irəli sürülmüş, daha sonra 1974-cü ildə Norio Taniguchi bu sahəni “nanotexnologiya” termini ilə ifadə etmişdir.

Nanotexnologiya çox kiçik ölçülərdə – yəni ən azı bir ölçüsü 1–100 nanometr aralığında olan maddələrin öyrənilməsi, tətbiqi və istehsalı ilə məşğul olan bir sahədir. Bu texnologiya vasitəsilə maddənin quruluşuna və xüsusiyyətlərinə atom və molekul səviyyəsində nəzarət etmək mümkün olur [Bajpai et al., 2018, 1-14].

Nanotexnologiya məhsulları müxtəlif sahələrdə geniş tətbiq olunur. Bunlara tibb, elektronika, müdafiə sənayesi, ekoloji texnologiyalar və suyun təmizlənməsi daxildir. Nanomateriallar isə biotibb, ətraf mühitin bərpası, istehlak məhsulları, optoelektronika, kimyəvi kataliz, bərpa olunan enerji və tibbi cihazlar kimi sahələrdə geniş istifadə imkanına malikdir. Bu yeniliklərdən biri də nanotexnologiyanın qida sənayesində tətbiq olunmasıdır.

Qida insan həyatının əsas tələbatlarından biridir. Buna görə də qida məhsulları emal, saxlanma və paylanma prosesləri zamanı bioloji, kimyəvi və fiziki çirklənmələrdən qorunmalıdır. Dünyada qida və içki sənayesi ən böyük iqtisadi sahələrdən biri hesab olunur. Qlobal ticarətin genişlənməsi və qidaya olan tələbatın artması nəticəsində qida saxtalaşdırılması halları da çoxalmışdır. Bu saxtalaşdırma əsasən ucuz və sağlam olmayan maddələrin qidaya qatılması ilə həyata keçirilir. Bu isə həm iqtisadiyyata, həm də ictimai sağlamlığa ciddi mənfi təsir göstərir.

Nanotexnologiya qidada olan bu cür saxtalaşdırıcı maddələrin və digər çirkləndiricilərin aşkar edilməsində mühüm rol oynayır. Bu texnologiya qidanın keyfiyyətinin artırılmasına kömək etməklə yanaşı, istehlakçıların sağlamlığı üçün yaranan risklərin də qarşısını alır.

Qida sistemlərində nanotexnologiyanın əsas tətbiq sahələrinə qida təhlükəsizliyi sistemləri, maddələrin hədəf nöqtəyə çatdırılması üçün kapsullaşdırılması, patogenlərin aşkarlanması üçün sensorlar, qidanın saxlanma şəraitinin yaxşılaşdırılması, izləmə və nəzarət sistemləri, brendin qorunması, çirklənmənin müəyyən edilməsi və ətraf mühitin qorunması daxildir.

Qida təhlükəsizliyi dünya üzrə insanların əsas sağlamlıq problemlərindən biridir. Qida təhlükəsizliyinin əsas məqsədi qidanın hazırlanması, emalı və istehlakı zamanı insan sağlamlığına zərər verməməsini təmin etməkdir.

2. Materiallar və tədqiqat metodları

Aparılan tədqiqatlar göstərir ki, nanomateriallar qida təhlükəsizliyinin artırılmasında effektiv rol oynayır. Onlar qidanın saxlanma müddətini uzadır, emal prosesinin səmərəliliyini artırır, qablaşdırmanı təkmilləşdirir, dad və qida dəyərini artırır və bunları qidanın dadına və fiziki xüsusiyyətlərinə təsir etmədən həyata keçirir [Ahmad et al., 2024, pp.58-67].

Qida qablaşdırılmasında nanomateriallar istifadə edilərək məhsulların ətraf mühətdən gələn çirklənmələrdən qorunması təmin olunur. Bu materiallar baryer funksiyası yerinə yetirir, məhsulun müdaxiləyə qarşı davamlılığını artırır, qoxunun aradan qaldırılmasına kömək edir, istiliyə və mexaniki təsirlərə davamlılığı yüksəldir, antibakterial və antifunqal xüsusiyyətlər qazandırır, ultrabənövşəyi şüaların qarşısını alır və qidanın xarab olmasının qarşısını alır.

Qida emalı isə qidanın daha uzun müddət istifadə oluna bilməsi üçün tətbiq olunan üsullar toplusudur. Bu proses zamanı nanoəlavələr əlavə olunur, dad yaxşılaşdırılır, konservantlar tətbiq edilir, vitamin və mineral tərkibi artırılır, həmçinin qidanın teksturasını dəyişən maddələr istifadə olunur.

Nano-sensorlar qidada baş verən ən kiçik dəyişiklikləri belə müəyyən edə bilər. Məsələn, qidanın rəngində dəyişiklik və ya xarab olma nəticəsində yaranan qazların mövcudluğu bu sensorlar vasitəsilə aşkar olunur. Bu sensorlar yüksək həssaslıq və seçiciliyə malik olduğuna görə ənənəvi sensorlardan daha effektiv hesab olunur.

3.Qida təhlükəsizliyi və keyfiyyətə təminat

21-ci əsrdə dünya əhalisinin qarşılaşdığı əsas qida problemləri əhalinin sürətlə artması, insanların sağlamlığının qorunması, qida resurslarının təhlükəsizliyi və bu resurslardan davamlı istifadə ilə bağlıdır. Qida təhlükəsizliyi bir çox amillərin təsiri altında risk altına düşür. Bu amillərə insektisidlər, pestisidlər, antibiotik və antimikrob qalıqları, toksik maddələr, qanunsuz qida əlavələri, üzvi çirkləndiricilər, müxtəlif toksinlər və ağır metallar daxildir.

Qida məhsulları yalnız bu kimyəvi təhlükələrdən deyil, həm də fiziki və bioloji çirklənmələrdən qorunmalıdır. Bundan əlavə, düzgün yuyulmayan qidalar, kifayət qədər bişirilməmiş məhsullar və aşağı keyfiyyətli qidalar da qida mənşəli xəstəliklərin yaranmasına səbəb olur. Bu xəstəliklər yalnız insan sağlamlığına deyil, həm də səhiyyə xərclərinə ciddi təsir göstərir.

Qidanın saxlanması zamanı baş verən dəyişikliklərin – məsələn, rəng, dad, pH səviyyəsi kimi fiziki və kimyəvi xüsusiyyətlərin, eləcə də kimyəvi və mikrobioloji çirklənmələrin tez bir zamanda aşkar edilməsi qida təhlükəsizliyinin və keyfiyyətinin artırılması üçün çox vacibdir. Bu məqsədlə nanotexnologiya əsasında hazırlanmış sensor sistemlərdən istifadə olunur [Hamad et al., 2017, pp.1-4].

Bu sensor sistemlərin işləmə prinsipi və quruluşu fərqli olsa da, onların əsas məqsədi patogenlərin və digər çirkləndiricilərin izlərini dəqiq və qısa müddətdə aşkar etməkdir. Qida mənşəli xəstəliklərə səbəb olan əsas çirkləndiricilər arasında *Bacillus cereus*, *Clostridium botulinum*, *Escherichia coli* (*E. coli*), hepatit A virusu, *Salmonella* və *Staphylococcus aureus* kimi patogen mikroorqanizmlər, eləcə də mikotoksinlər kimi zərərli maddələr yer alır.

Qida təhlükəsizliyini artırmaq üçün müxtəlif innovativ texnologiyalar tətbiq olunur. Bunlara metal çirkləndiricilərin və allergenlərin müəyyən edilməsi, kimyəvi toksinlərin aşkarlanması, patogenlərin və onların toksinlərinin aradan qaldırılması, qida hazırlama səthlərinin təmizlənməsi və nəzarəti, həmçinin qazların və digər çirkləndiricilərin aşkarlanması daxildir. Qida təhlükəsizliyinin yaxşılaşdırılması üçün istifadə olunan müxtəlif nanohissəciklər cədvəl şəklində təqdim olunur.

3.1.Sensorlar

Sensorlar qida sənayesində, xüsusilə qablaşdırma və təhlükəsizlik baxımından mühüm rol oynayır. Onlar qida məhsullarının istehsalı, emalı və daşınması zamanı daha yaxşı qorunmasını təmin edir.

Nanotexnologiya əsasında hazırlanmış bu cihazlar çox aşağı konsentrasiyada olan patogenləri, kimyəvi toksinləri və digər çirkləndiriciləri aşkar etmək üçün istifadə olunur. Bioloji mənşəli çirkləndiricilərin müəyyən edilməsi üçün üzvi molekullar və hədəf tanıma qruplarından istifadə olunur və bu sistemlər biosensorlar adlanır. Bu sensorlar yalnız çirkləndiriciləri aşkar etmək üçün deyil, həm də qidada olan qida maddələrinin miqdarını müəyyən etmək və potensial sağlamlıq problemlərini erkən mərhələdə müəyyən etmək üçün istifadə oluna bilər [Krishna et al., 2018, pp.47-54].

Sensorlar həmçinin qablaşdırılmış qidanın daxili və xarici vəziyyətini izləməyə imkan verir. Onlar yüksək həssaslıq, seçicilik, sürətli cavab, istifadədə sadəlik və böyük səth sahəsi kimi üstünlüklərə malikdir. Ənənəvi sensorlarla müqayisədə daha effektiv hesab olunurlar. Bundan əlavə, bu sensorlar portativdir, kiçik ölçülüdür, dəqiq nəticələr verir və etibarlı işləyir.

Bakteriyalar, viruslar, toksinlər və digər bioloji molekulların aşkar edilməsi üçün müxtəlif növ nanohissəciklərdən istifadə edilərək nanosensorlar hazırlanır. Bu sensorların əksəriyyətində qızıl və gümüş kimi qiymətli metallardan istifadə olunur. Bu metallardan Surface Enhanced Raman Spectroscopy (SERS) metodunda pestisid qalıqlarının, mikroorqanizmlərin və qazların aşkarlanması üçün geniş istifadə edilir.

Mikrofluidika texnologiyası çox az həcmdə nümunə ilə yüksək həssaslıqla analiz aparmağa imkan verir və patogenlərin tez aşkar olunmasında istifadə olunur.

Sensorlar həmçinin qida məhsullarının izlənməsi və identifikasiyası üçün istifadə olunur. Bu məqsədlə radio dalğaları ilə işləyən xüsusi etiketlərdən istifadə edilir ki, bu texnologiya Radio Frequency Identification (RFID) adlanır. Serium oksid nanohissəcikləri çirkləndiricilərlə təmasda olduqda rəng dəyişməsi yaradır və bu xüsusiyyət onların aşkarlanmasında istifadə olunur.

Maqnit nanohissəcikləri ilə birləşdirilmiş biosensorlar içməli suda olan orqanofosfor insektisidlərin və *E. coli* bakteriyasının aşkarlanmasında istifadə olunur. Bu sistemlər çox aşağı konsentrasiyalarda belə (10 CFU/mL) aşkarlama qabiliyyətinə malikdir. Qrafen əsaslı sensorlar bisfenol A, hidrazin və bakteriyaların müəyyən edilməsində istifadə olunur. Mikrob biosensorları isə benzol, toluol və ksilol kimi maddələrin aşkarlanması üçün tətbiq edilir.

E. coli O157:H7, *Salmonella* və *Listeria monocytogenes* kimi patogenlərin aşkarlanması üçün immun-maqnit əsaslı sistemlər hazırlanmışdır.

Opalfilm əsaslı biosensorlar qida xarab olduqda rəng dəyişərək istehlakçını xəbərdar edir. Nanokantilever biosensorları bioloji qarşılıqlı təsirləri fiziki və ya elektromexaniki siqnallar vasitəsilə müəyyən edir. Karbon nanotublar *E. coli*, qurğuşun, kadmium və brom kimi maddələrin aşkarlanmasında istifadə olunur. Elektron burun və elektron dil sistemləri qidanın qoxusunu və qazlarını analiz edərək onun vəziyyətini müəyyən edir. Qızıl nanohissəciklər süd məhsullarında Aflatoksin B1 toksininin, bakteriyaların və ağır metal ionlarının aşkarlanması üçün istifadə olunur.

Bundan əlavə, gliadin kimi maddələrin aşkarlanması üçün maqnit müqavimətinə əsaslanan nanosensorlar da mövcuddur [Fuentes et al., 2016, pp.1-9].

3.2. Qida qablaşdırılması

Qida qablaşdırılması qidanın ətraf mühit təsirlərindən qorunması məqsədilə həyata keçirilir. Bu təsirlərə ultrabənövşəyi (UV) şüalanma, temperatur dəyişiklikləri, rütubət, mikroorqanizmlərin daxil olması, oksigen və digər qazların təsiri daxildir. Qablaşdırma eyni zamanda qidanın xarab olmasının qarşısını almaq, istehlakçıya məhsul haqqında məlumat vermək, keyfiyyəti qorumaq və saxlanma müddətini uzatmaq funksiyalarını yerinə yetirir.

Qida sənayesində qablaşdırma ən qədim və eyni zamanda ən geniş tətbiq olunan kommersiya sahələrindən biridir. Məhsulun bazara çıxarılması üçün onun düzgün qorunması və saxlanması vacib olduğuna görə qablaşdırma bu prosesdə mühüm rol oynayır.

Nanotexnologiyanın inkişafı ilə qablaşdırma sahəsində də yeni materiallar yaradılmışdır. Biominerallaşma prosesindən ilham alınaraq ilk nanokompozit materiallar hazırlanmışdır. Bu materiallar üzvi və qeyri-üzvi komponentlərin qarşılıqlı təsiri nəticəsində yaranır və daha yüksək möhkəmliyə malik olur.

Qida qablaşdırılmasında istifadə olunan bəzi nanomateriallara xitozan, sink oksid və mis/mis oksid nanohissəcikləri daxildir. Bu materiallar antibakterial xüsusiyyətlərə malik olduqları üçün həm qablaşdırmada, həm də qida emalında geniş istifadə olunur.

Nanohissəciklərin qablaşdırmada tətbiqi nəticəsində materialların mexaniki möhkəmliyi artır, qazlara və mikroorqanizmlərə qarşı baryer xüsusiyyətləri yaxşılaşır, istiliyə davamlılıq yüksəlir və nəticədə qida məhsullarının saxlanma müddəti uzanır.

Qablaşdırmada qaz keçirməzliyini artırmaq üçün nano-biokompozitlərdən istifadə olunur. Bir çox nanoqablaşdırma sistemləri nanokompozitlər əsasında hazırlanır və onlar elə qurulur ki, tədricən antioksidantlar, aromatik maddələr, antimikrob komponentlər, fermentlər, qaralma əleyhinə maddələr və nutrasevtiklər buraxaraq qidanın saxlanma müddətini uzatsın.

Məsələn, DuPont şirkəti tərəfindən hazırlanmış “DuPont light stabilizer 210” adlı nano-titanium dioksid əsaslı plastik əlavə şəffaf qablaşdırmada UV şüalarının qidaya zərər verməsinin qarşısını almaq üçün istifadə olunur.

Oksigen və karbon dioksid qazlarının keçməsinin qarşısını almaq üçün neylon əsaslı nanokompozitlərdən istifadə edilir. Bu materiallar xüsusilə pivə və digər içkilər üçün istifadə olunan çoxqatlı PET qablaşdırmalarda tətbiq olunur. Eyni zamanda bu materiallar qoxunun yayılmasının qarşısını alır və qidanın xarab olmasını gecikdirir [Singh et al, 2017, pp.15-21].

Qida qablaşdırılmasının müxtəlif növləri mövcuddur. Bunlara aşağıdakılar daxildir:

- Yeməli nazik örtüklər (edible thin film packaging)
- Qeyri-yeməli qablaşdırma
- Ekoloji qablaşdırma (green packaging)
- Antibakterial qablaşdırma
- Ağıllı qablaşdırma (smart packaging)
- Aktiv qablaşdırma
- Təkmilləşdirilmiş qablaşdırma

3.3. Yeməli nazik örtüklü qablaşdırma

Bu tip qablaşdırma qidanın xarab olmasını gecikdirmək və onun keyfiyyətini qorumaq məqsədilə istifadə olunur. Əsas üstünlüyü qidanın saxlanma müddətini artırmaqla yanaşı, onu xarici təsirlərdən qorumaqdır. Yeməli nazik örtüklərin hazırlanmasında istifadə olunan bioplastik materiallara xitozan, jelatin, polilaktik turşu (PLA), poliqolik turşu və nişasta ilə natrium kazeinat qarışıqları daxildir. Bu qablaşdırma növünün hazırlanmasında yeməli nanolaminatlardan istifadə olunur. Bu nanolaminatlar qidanı çirkləndiricilərdən, rütubətdən, qazlardan, lipidlərdən və xoşagəlməz qoxulardan qoruyaraq əlavə müdafiə qatını yaradır.

3.4. Qeyri-yeməli qablaşdırma

Qeyri-yeməli qablaşdırmada nanotexnologiya plastik materialların baryer xüsusiyyətlərini yaxşılaşdırmaq üçün istifadə olunur. Bu prosedə bioaktiv maddələr əlavə edilir, istifadə olunan örtüklərdə dəyişikliklər aparılır, materialların mexaniki və istiliyə davamlılığı artırılır.

Bundan əlavə, bu tip qablaşdırma qida haqqında məlumatı ötürə bilən və müəyyən siqnallar göndərə bilən sistemlərlə təchiz oluna bilər. Parçalanan materiallar adətən zəif mexaniki və baryer xüsusiyyətlərinə malik olur. Bu problemi aradan qaldırmaq üçün onların tərkibinə laylı silikatlar kimi nanostrukturular əlavə edilir. Bu isə materialın möhkəmliyini artıraraq qablaşdırma üçün daha uyğun hala gətirir [He & Hwang, 2016, pp.671-681].

Eyni zamanda, qeyri-üzvi materialların əlavə olunması qablaşdırmanın funksionallığını genişləndirir və mikroelementlərin ötürülməsi kimi əlavə imkanlar yaradır.

3.5. Ekoloji qablaşdırma

Ekoloji qablaşdırma təbii biopolimer nanokompozitlərdən hazırlanır və qidanın keyfiyyətini, sabitliyini və təhlükəsizliyini artırmaq qabiliyyətinə malikdir. Bu tip qablaşdırma həm qidanın qorunmasını təmin edir, həm də ətraf mühitə daha az zərər verir.

3.6. Təkmilləşdirilmiş qablaşdırma

Bu qablaşdırma növündə nanohissəciklərlə gücləndirilmiş polimerlərdən istifadə olunur. Bu materiallar yemək yağları, qazlı içkilər və pivə kimi məhsulların saxlanması üçün istifadə edilən butulkaların və pilyonkaların hazırlanmasında tətbiq edilir. Bu

nanokompozitlərdə təxminən 5% kütlə payında nanohissəciklər olur və gil əsaslı nanokompozitlər sayəsində qazlara qarşı baryer xüsusiyyətləri 80–90% yaxşılaşdırılır. Bu materiallar ümumilikdə nanokompozitlər kimi tanınır.

3.7. Antibakterial qablaşdırma

Antibakterial qablaşdırma qidanın saxlanma müddətini artırmaq və təhlükəsizliyini yüksəltmək üçün istifadə olunur. Bu sistem bakteriyaların və digər çirkləndiricilərin inkişafını azaldaraq qidanın daha uzun müddət istifadəyə yararlı qalmasına kömək edir. Bu məqsədlə qablaşdırma materiallarının səthi antimikrob nanohissəciklərlə örtülür. Bu örtük mikroorqanizmlərin inkişafını ləngidir, qeyri-steril qidalarda mikrobların çoxalmasının qarşısını alır və sonradan yaranan çirklənməni minimuma endirir [Singh et al., 2017, pp.15-21].

3.8. Ağillı qablaşdırma

Ağillı qablaşdırma əsasən tez xarab olan məhsullar üçün istifadə olunan nazik örtüklərdən ibarətdir. Bu sistemlər antibakterial və antioksidant xüsusiyyətlərə malik olmaqla yanaşı, qidanın vəziyyətini izləmək və qazları udmaq qabiliyyətinə də malikdir. Bu qablaşdırmada istifadə olunan nanomateriallar polimer matrisinə daxil edilir və ətraf mühit şəraitinə və ya qidanın daxilində baş verən mikrobioloji və biokimyəvi dəyişikliklərə reaksiya verir. Əgər qidada çirklənmə və ya patogenlər aşkar olunarsa, bu sistem istehlakçını xəbərdar edə bilər. Bununla belə, nanohissəciklərin qablaşdırmadan qidaya keçmə ehtimalı da nəzərə alınmalıdır. Bu səbəbdən ABŞ Qida və Dərman Administrasiyası (FDA) və Avropa Qida Təhlükəsizliyi Agentliyi (EFSA) kimi qurumlar tərəfindən bu proseslə bağlı xüsusi qaydalar müəyyən edilmişdir.

3.9. Aktiv qablaşdırma

Aktiv qablaşdırmada nanohissəciklər qablaşdırma materialının tərkibinə daxil edilir və bu, qidanın qorunması və saxlanma müddətinin artırılması məqsədilə həyata keçirilir. Bu sistemdə müxtəlif aktiv komponentlərdən istifadə olunur. Bunlara konservantlar, antimikrob maddələr, su buxarını udan materiallar, oksigen udan sistemlər və etilen qazını aradan qaldıran maddələr daxildir. Bu tip qablaşdırma yalnız passiv qoruyucu rol oynamır, eyni zamanda qida və ətraf mühitlə qarşılıqlı əlaqədə olur. Bu xüsusiyyət onu qidanın saxlanması və keyfiyyətinin qorunması baxımından çox vacib edir [Eleftheriadou et al., 2017, pp.87-93]. Məsələn, polietilen plyonka daxilində fermentlərdən istifadə etməklə oksigeni udan qablaşdırma sistemi hazırlanmışdır. Bu cür sistemlər qida ilə birbaşa qarşılıqlı təsərə girərək onun xarab olmasının qarşısını alır.

Araşdırmalar göstərir ki, aktiv və ağillı qablaşdırma ənənəvi qablaşdırma üsulları ilə müqayisədə daha üstün xüsusiyyətlərə malikdir. Bu üstünlüklərə yüksək mexaniki möhkəmlik, daha yaxşı baryer xüsusiyyətləri və patogenlərin aşkarlanmasına imkan verən antibakterial örtüklər daxildir. Bundan əlavə, bu qablaşdırma növləri qidada baş verən dəyişiklikləri izləyərək istehlakçını vaxtında məlumatlandırmağa imkan verir [Singh et al., 2017, pp.15-21].

Material	Xüsusiyyətləri
pSiNutria	Patogenlərin aşkarlanması, qidanın qorunması, izlənməsi
Nano-Selen	Çayda əlavə kimi istifadə olunur
Nano-gillər (polilaktik turşu ilə)	Oksigen baryeri, saxlanma müddətinin uzadılması
Darçın yağı + parafin mum	Antifunqal təsir
Oreqano yağı + alma püresi	Antibakterial yeməli örtük
Nisin	Antimikrob təsir
Niştasta əsaslı kolloidlər	Antimikrob səth örtüyü

Nano-Titanium Nitride	Qida emalında mexaniki möhkəmlik
Nano-TiO ₂	UV qoruma, oksigenin aşkarlanması
Nano-Silikat	Qaz baryeri, istiliyə davamlılıq, səth örtüyü
Nano-Gümüş	Qoxu azaldıcı, antibakterial, metal ionları və zülalların aşkarlanması
Nano-Neylon	Oksigen və karbon dioksidin qarşısını alır
Maqnezium oksid	Antibakterial
Sink oksid	Antimikrob

Cədvəl 1: Qida təhlükəsizliyinin və qablaşdırmanın yaxşılaşdırılmasında istifadə olunan nanohissəciklər

Nanotexnologiyanın qida qablaşdırılmasında tətbiqi ilə bağlı üstünlüklər, mümkün risklər, çətinliklər və digər müsbət və mənfi tərəflər Khurshid Ahmad və digərləri (2024) tərəfindən daha ətraflı şəkildə araşdırılmışdır.

4.Qida emalı

Nanotexnologiya qida emalı sahəsində mühüm rol oynayır. Bu sahədə həm müasir texnologiyalara, həm də daha az xərcli üsullara ehtiyac olduğuna görə nanotexnologiyanın tətbiqi xüsusi əhəmiyyət daşıyır. Qida emalı zamanı nanohissəciklərdən və nanotexnologiyalardan istifadə etməklə məhsulun qida dəyəri artırılır, axıcılıq xüsusiyyətləri yaxşılaşdırılır, sabitliyi təmin edilir və saxlanma müddəti uzadılır. Bundan əlavə, qidanın rəngi, dadı və teksturası da daha keyfiyyətli hala gətirilir. Qida emalı prosesində əsas məqsədlərdən biri məhsulun keyfiyyətini və sabitliyini artırmaqdır. Bu, həm məhsulun bazarda rəqabət qabiliyyətini yüksəldir, həm də onun daşınması və paylanmasını asanlaşdırır. Emal zamanı zərərli maddələrin, patogenlərin və toksinlərin aradan qaldırılması, eyni zamanda qoruyucu maddələrin əlavə olunması həyata keçirilir [Colica et al, 2018, pp.69-73].

Qidanın qorunması üçün istifadə olunan hər hansı üsul onun təbii keyfiyyətinə və dadına minimum təsir etməlidir. Xüsusilə təzə qidaların uzaq məsafələrə daşınması zamanı onların tez xarab olma ehtimalı yüksək olur. Buna görə də emal olunmuş qida məhsulları uzun məsafələr üçün daha uyğun hesab edilir. Qida emalının əsas məqsədi istehlakçının tələbatını ödəyən, bütün zəruri mikroelementləri özündə birləşdirən sağlam qida məhsullarının hazırlanmasıdır.

Nanomaterialların qida emalında müxtəlif istiqamətlərdə istifadə olunması diqqətəlayiqdir. Bu materiallar qidanın keyfiyyətini yaxşılaşdırmaq üçün geniş imkanlar yaradır. Məsələn, zeytun yağının daha effektiv hidrolizi üçün elastikliyi, sabitliyi və təkrar istifadəyə yararlılığı artırılmış nano-silisiyum dioksid hissəciklərindən istifadə edilmişdir.

4.1.Nanoələvələr

Nanomaterialların əsas üstünlüklərindən biri qida əlavələrinin emal və saxlanma zamanı qorunmasını təmin etməsidir. Onlar xoşagəlməz dad və qoxuları maskalaya, əlavələrin buraxılmasını tənzimləyə və suda həll olunmayan maddələrin daha yaxşı yayılmasını təmin edə bilər. Qida əlavələrinin qida sistemində daşınması üçün nanodaşıyıcı sistemlərdən istifadə olunur. Bu sistemlər liposomlar, misellər və ya zülal əsaslı nanokapsullar formasında olur. Bu daşıyıcılar qidanın strukturuna təsir etmədən əlavələrin effektiv şəkildə daşınmasını təmin edir.

Nanoələvələr həmçinin qidada yaranan xoşagəlməz qoxuları gizlətmək və bəzi əlavələrin verdiyi mənfi dadı azaltmaq üçün istifadə olunur. Eyni zamanda qidanın emalı zamanı onun xarab olmasının qarşısını almaqda da rol oynayır. Nanotexnologiyanın tətbiqi həm xammal, həm də emal xərclərini azaltmağa kömək edir. Bununla yanaşı, daha yaxşı tekstura, daha güclü dad və rəng əldə etməyə imkan verir, duz və şəkərin istifadəsini

azaltmağa kömək edir və qida maddələrinin biyararlılığını artırır. Nanoəlavələrə vitaminlər, konservantlar, antioksidantlar, antimikrob maddələr və sağlamlıq üçün faydalı digər komponentlər daxildir. Bu maddələr qidanın saxlanma müddətini uzadır və onun keyfiyyətini qoruyur.

Qidanın dadını və keyfiyyətini artırmaq üçün kalsium, dəmir, maqnezium, selen, silisium və gümüş kimi qeyri-üzvi maddələr geniş istifadə olunur. ε-Polilizin adlı qida dərəcəli polipeptid yağların oksidləşməsinin qarşısını almaq üçün istifadə edilir. Bundan başqa, karagenan, polilaktik turşu, xitozan, jelatin, poliqikolik turşu və alginat kimi əlavələr də rəsmi olaraq qəbul edilmişdir.

Nano-duzlar adi duzla müqayisədə daha az miqdarda istifadə olunsa belə eyni effekti verə bilər.

Hazırda bazarda bitki mənşəli tənzimləyici peptidlər, nano damcılar və nano-su kimi nanoəlavələr mövcuddur.

4.2. Nano ölçülü əlavələr və nutrasevtiklər

Nanotexnologiya qida məhsullarına vacib qida maddələrinin əlavə olunmasında geniş istifadə olunur. Bu əlavələr nanometr ölçüsündə hazırlanır və antimikrob maddələr, konservantlar, vitaminlər, antioksidantlar kimi komponentləri əhatə edir. Onlar qidanın rəngini, dadını və orqanizm tərəfindən mənimsənilməsini yaxşılaşdırır. Nanoəlavələr qidanın sabitliyini, dad xüsusiyyətlərini və teksturasını yaxşılaşdırmaq üçün istifadə olunur. Bu məqsədlə qida emalı zamanı nano ölçülü materiallardan ibarət homogen qarışıqlar hazırlanır.

Nutrasevtiklər isə həm qida, həm də müalicəvi xüsusiyyətlərə malik maddələrdir. Onlar xəstəliklərin qarşısını almaq və ya müalicəyə kömək etmək məqsədilə qida məhsullarına əlavə olunur. Bu sahədə nanomateriallar bioaktiv komponent kimi istifadə edilə bilər.

Nanotexnologiya ilə hazırlanmış nutrasevtik məhsullar bazarda “nanoceticals” adı ilə tanınır. Bu nano tozlar qida maddələrinin orqanizm tərəfindən daha yaxşı mənimsənilməsini təmin edir. Nanokoxleatlar vasitəsilə qida maddələri dad və rəng dəyişmədən hüceyrələrə çatdırılır.

Sağlam qida istehsalı üçün nutrasevtiklər xüsusi daşıyıcı sistemlərə daxil edilir ki, bu da xolesterinin yığılmasının qarşısını almağa kömək edir. Bu maddələrə likopen, beta-karotin və fitosterollar nümunə ola bilər [Cerqueira et al., 2017, pp.11-38].

Zərdab zülalından hazırlanmış nanoölçülü hissəciklər nutrasevtik maddələrin daşınması üçün istifadə olunur və onların qida dəyərini artırır. Vitaminlərin mənimsənilməsini artırmaq üçün nano damcılar şəklində spreylər istifadə olunur. Eyni zamanda, dəmir və sink kimi elementlərin çatdırılması üçün nano kapsullaşdırma texnologiyasından istifadə edilir. Aparılan tədqiqatlar göstərir ki, Omega-3 yağ turşuları, probiotik bakteriyalar, vitamin D2, beta-karotin və likopen kimi maddələr nanotexnologiya vasitəsilə hazırlanaraq bazarda istifadə oluna bilər.

Bununla belə, nutrasevtiklərin istehsalı zamanı onların sabitliyini qorumaq çətin ola bilər. Nanotexnologiya bu problemi qismən aradan qaldıraraq istehsal prosesində stabilliyi artırmağa kömək edir. Bu yanaşma nəticəsində qida məhsullarının qida dəyəri artır və istehlakçılar üçün daha faydalı məhsullar əldə olunur.

4.3. Nanoemulsiyalar

Nanoemulsiyalar bir-birində həll olmayan iki və ya daha çox mayenin (məsələn, su və yağın) qarışığından ibarətdir. Bu sistemdə yağ damcılarını emulsifikator vasitəsilə əhatə olunur və damcılarının ölçüsü adətən 500 nm və ya daha kiçik olur. Nanoemulsiyalar ənənəvi emulsiyalarla müqayisədə daha effektivdir. Onların üstünlüklərinə yüksək sabitlik, yaxşı homogenlik və optik şəffaflıq daxildir. Kiçik hissəcik ölçüsü və böyük səth sahəsi sayəsində qida maddələrinin mənimsənilməsi daha yaxşı olur.

Nanoemulsiyalar qida sənayesində müxtəlif məqsədlərlə istifadə olunur. Onlar avadanlıqların təmizlənməsində, qida istehsalında, aromatik yağların hazırlanmasında və digər emal olunmuş məhsullarda tətbiq edilir. Bu sistemlər kimyəvi parçalanmanı azaldır və çoxqatlı strukturlar şəklində hazırlanaraq müxtəlif maddələrin daşınmasına imkan verir. Nanoemulsiyalar antibakterial xüsusiyyətə malikdir və xüsusilə qram-müsbət bakteriyalara qarşı daha effektivdir. Bu səbəbdən qablaşdırmada təmizləyici vasitə kimi də istifadə olunur. Mikroorqanizmlərin inkişafını nəzarətdə saxlamaqla qidanın xarab olmasının qarşısı alınır. Bunun üçün tributyl fosfat, soya yağı və ya qeyri-ion səthi aktiv maddələr əsasında hazırlanmış nanoemulsiyalar istifadə olunur. Nanoemulsiyalar lipofilik maddələr üçün daşıyıcı rolunu oynayır. Bunlara efir yağları, polifenollar, antioksidantlar, antimikrob maddələr və vitaminlər daxildir. Bu sistemlər qida maddələrinin həllolma qabiliyyətini və biyoyararlılığını artırır [Banerjee et al., 2017, pp.97-100].

Nanoemulsiyalardan istifadə etməklə az yağlı, lakin eyni kremli quruluşa malik qida məhsulları hazırlamaq mümkündür. Bu isə daha sağlam qida istehsalına şərait yaradır. Məsələn, az yağlı dondurma, mayonez və digər məhsullar bu texnologiya ilə hazırlanır.

4.4. Nanolaminatlar

Nanolaminatlar 1–100 nm qalınlığında olan iki və ya daha çox qatlı materiallardan ibarət nazik örtüklərdir. Bu örtüklər fiziki və kimyəvi bağlar vasitəsilə birləşdirilir. Onların çox nazik olması onları kövrək etsə də, qida üzərində qoruyucu örtük kimi istifadə olunmasına imkan verir.

Nanolaminatlar yeməli örtüklərin və plyonkaların hazırlanmasında istifadə olunur. Onlar qidانی qazlardan, rütubətdən və lipidlərdən qoruyur, eyni zamanda qidanın teksturasını yaxşılaşdırır.

Bu örtüklər antioksidantlar, dadverici maddələr, rəngləyicilər, qida əlavələri, antimikrob maddələr və fermentlər kimi faydalı komponentlərin daşınmasında da istifadə olunur. Bu isə qidanın keyfiyyətini və saxlanma müddətini artırır. Nanolaminatların hazırlanmasında yüklənmiş lipidlər, kolloid maddələr və polielektrolitlər istifadə olunur.

Polisaxarid və zülal əsaslı nanolaminatlar oksigen və karbon dioksiddə qarşı güclü baryer yaratsa da, rütubətə qarşı daha zəif qoruma təmin edir. Rütubətə qarşı daha effektiv qoruma lipid əsaslı nanolaminatlar vasitəsilə əldə edilir. Bu materialların daha da təkmilləşdirilməsi istiqamətində araşdırmalar davam edir. Sadə üsullardan biri olaraq nanolaminatların qida səthinə püskürdülmesi ilə örtük yaradılır.

5. Nəticə

Nanotexnologiya qida sənayesində mühüm və əvəzolunmaz rol oynayır. Bu sahədə aparılan tədqiqatlar qidanın keyfiyyətinin artırılması, çirklənmənin qarşısının alınması və saxlanma müddətinin uzadılması üçün yeni imkanlar yaratmışdır.

Nanotexnologiya vasitəsilə qida məhsullarına qida əlavələri, nutrasetivlər və digər faydalı komponentlər əlavə edilərək daha sağlam məhsullar hazırlanır. Bu icmalda qida sənayesində istifadə olunan müxtəlif nanomateriallar və onların tətbiq sahələri – təhlükəsizlik, qablaşdırma və emal baxımından ümumiləşdirilmişdir.

Eyni zamanda, qidanın xarab olmasının qarşısını almaq üçün istifadə olunan müxtəlif qablaşdırma növləri və texnologiyalar izah edilmişdir. Sensorlar qidada olan çirkləndiriciləri aşkar etməyə, mikroorqanizmlərin inkişafının qarşısını almağa və istehlakçıları məlumatlandırmağa kömək edir. Bundan əlavə, onlar lazım olduqda qida məhsullarının izlənməsində də istifadə olunur.

6. REFERENCES

1. Bajpai, V. K., Kamle, M., Shukla, S., Mahato, D. K., Chandra, P., Hwang, S. K., Kumar, P., Huh, Y. S., & Han, Y. K. (2018). Prospects of using nanotechnology for food

- preservation, safety, and security. *Journal of Food and Drug Analysis*, 26(4), 1201–1214. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2018.06.011> (in English)
2. Banerjee, T., Shelby, T., & Santra, S. (2017). How can nanosensors detect bacterial contamination before it ever reaches the dinner table? *Future Microbiology*, 12(2), 97–100. <https://doi.org/10.2217/fmb-2016-0202> (in English)
 3. Cerqueira, M. A., Pinheiro, A. C., Ramos, O. L., Silva, H., Bourbon, A. I., & Vicente, A. A. (2017). Advances in food nanotechnology. In *Emerging Nanotechnologies in Food Science* (pp. 11–38). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-42980-1.00002-9> (in English)
 4. Colica, C., Aiello, V., Boccuto, L., Kobylak, N., Strongoli, M. C., Vecchio, I., & Abenavoli, L. (2018). The role of nanotechnology in food safety. *Minerva Biotechnologica*, 30(2), 69–73. (in English)
 5. Eleftheriadou, M., Pyrgiotakis, G., & Demokritou, P. (2017). Nano-enabled approaches in food safety. *Current Opinion in Biotechnology*, 44, 87–93. (in English)
 6. Fuertes, G., Soto, I., Carrasco, R., Vargas, M., & Sabattin, J. (2016). Intelligent Packaging Systems: Sensors and Nanosensors to Monitor Food Quality and Safety. *Journal of Sensors*, 1–9. <https://doi.org/10.1155/2016/4046061> (in English)
 7. Hamad, A. F., Han, J. H., Kim, B. C., & Rather, I. A. (2018). Nanotechnology in the food industry. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 25(1), 1–5. (in English)
 8. He, X., & Hwang, H. M. (2016). Nanotechnology in food science: Functionality, applicability, and safety assessment. *Journal of Food and Drug Analysis*, 24(4), 671–681. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2016.06.001> (in English)
 9. Khurshid Ahmad, Li, Y., Tu, C., Guo, Y., Yang, X., Xia, C., & Hou, H. (2024). Nanotechnology in food packaging. *Food Bioscience*, 58, Article 103625. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.103625> (in English)
 10. Krishna, V. D., Wu, K., Su, D., Cheeran, M. C. J., Wang, J. P., & Perez, A. (2018). Nanotechnology in food safety: Applications and future perspectives. *Food Microbiology*, 75, 47–54. (in English)
 11. Singh, T., Shukla, S., Kumar, P., Wahla, V., Bajpai, V. K., & Rather, I. A. (2017). Application of nanotechnology in food science: Perception and overview. *Frontiers in Microbiology*, 8, Article 1501. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01501> (in English)

ƏDƏBİYYAT

1. Bajpai, V. K., Kamle, M., Shukla, S., Mahato, D. K., Chandra, P., Hwang, S. K., Kumar, P., Huh, Y. S., & Han, Y. K. (2018). Nanotexnologiyadan qida saxlama, təhlükəsizlik və təminat üçün istifadə perspektivləri. *Journal of Food and Drug Analysis*, 26(4), 1201–1214. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2018.06.011>
2. Banerjee, T., Shelby, T., & Santra, S. (2017). Nanosensorlar bakterial çirklənməni süfrəyə çatmamış necə aşkar edə bilər? *Future Microbiology*, 12(2), 97–100. <https://doi.org/10.2217/fmb-2016-0202>
3. Cerqueira, M. A., Pinheiro, A. C., Ramos, O. L., Silva, H., Bourbon, A. I., & Vicente, A. A. (2017). Qida nanotexnologiyasında irəliləyişlər. In *Emerging Nanotechnologies in Food Science* (s. 11–38). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-42980-1.00002-9>
4. Colica, C., Aiello, V., Boccuto, L., Kobylak, N., Strongoli, M. C., Vecchio, I., & Abenavoli, L. (2018). Qida təhlükəsizliyində nanotexnologiyanın rolu. *Minerva Biotechnologica*, 30(2), 69–73.
5. Eleftheriadou, M., Pyrgiotakis, G., & Demokritou, P. (2017). Qida təhlükəsizliyində nano-yönlü yanaşmalar. *Current Opinion in Biotechnology*, 44, 87–93.

6. Fuertes, G., Soto, I., Carrasco, R., Vargas, M., & Sabattin, J. (2016). Ağillı qablaşdırma sistemləri: Sensorlar və nanosensorlar. *Journal of Sensors*, 1–9. <https://doi.org/10.1155/2016/4046061>
7. Hamad, A. F., Han, J. H., Kim, B. C., & Rather, I. A. (2017). Qida sənayesində nanotexnologiya. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 25(1), 1–5.
8. He, X., & Hwang, H. M. (2016). Qida elmlərində nanotexnologiya. *Journal of Food and Drug Analysis*, 24(4), 671–681. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2016.06.001>
9. Khurshid Ahmad, Li, Y., Tu, C., Guo, Y., Yang, X., Xia, C., & Hou, H. (2024). Qida qablaşdırılmasında nanotexnologiya. *Food Bioscience*, 58, 103625. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.103625>
10. Krishna, V. D., Wu, K., Su, D., Cheeran, M. C. J., Wang, J. P., & Perez, A. (2018). Qida təhlükəsizliyində nanotexnologiya. *Food Microbiology*, 75, 47–54.
11. Singh, T., Shukla, S., Kumar, P., Wahla, V., Bajpai, V. K., & Rather, I. A. (2017). Qida elmlərində nanotexnologiya. *Frontiers in Microbiology*, Article 1501. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01501>