



(12) **CERERE DE BREVET DE INVENȚIE**

(21) Nr. cerere: **a 2018 00402**

(22) Data de depozit: **06/06/2018**

(41) Data publicării cererii:
30/12/2019 BOPI nr. **12/2019**

(71) Solicitant:
• **UNIVERSITATEA "DUNĂREA DE JOS"**
DIN GALAȚI, STR.DOMNEASCĂ NR.47,
GALAȚI, GL, RO

(72) Inventatori:
• **TURTOI MARIA, STR.STĂVILARULUI**
NR.44-46, SIBIU, SB, RO;
• **RUMEUS IURIE, STR.V.STROESCU**
NR.45, AP.44, CAHUL, MD

*Această publicație include și modificările descrierii,
revendicărilor și desenelor depuse conform art. 35,
alin. (20), din HG nr. 547/2008.*

(54) **METODĂ ȘI INSTALAȚIE PENTRU DECONTAMINAREA
PRODUSELOR ALIMENTARE GRANULARE CU LUMINĂ
ULTRAVIOLETĂ**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o metodă și la o instalație pentru decontaminarea produselor alimentare granulare cu lumină ultravioletă UV, cu aplicații în industria alimentară și în special pentru prelucrarea produselor alimentare granulare cum sunt cerealele, în industria morăritului sau pentru condimentele boabe. Metoda conform invenției constă în antrenarea în mișcare a produselor granulare alimentare, astfel încât să fie tratate cu lumină UV pe toată suprafața. Instalația conform invenției este constituită dintr-o cameră (106) de lucru ai cărei pereți interiori sunt acoperiți cu un material care reflectă lumina UV, în interiorul camerei (106) se află un dispozitiv (102) oscilant-vibrator prevăzut cu un sistem electric de antrenare, cu niște lămpi (110) UV montate în carcasă (103) și fixate, prin placa (104) metalică, la capătul tijelor (107) filetate care sunt montate în partea superioară și a căror poziție poate fi modificată cu piulițele-fluture (108), pentru variația distanței dintre lămpile (110) UV și materialul granular, respectiv variația dozei de lumină UV care este absorbită de microorganisme.

Revendicări inițiale: 3
Revendicări amendate: 4
Figuri: 3

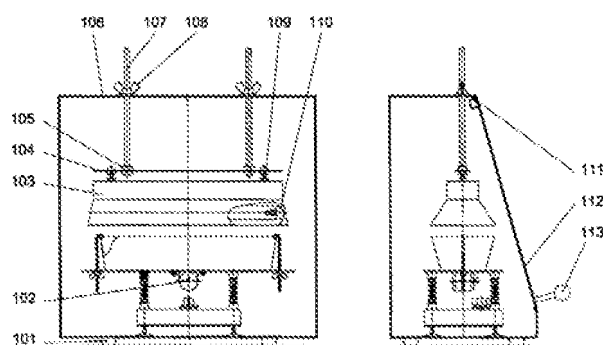


Fig. 1

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).



Descrierea invenției

Metodă și instalație pentru decontaminarea produselor alimentare granulare cu lumină ultravioletă

Invenția se referă la o metodă și o instalație pentru decontaminarea produselor alimentare granulare cu lumină ultravioletă.

Lumina ultravioletă (UV) este o mică parte a undelor electromagnetice care traversează spațiul, de la raze gamma cu lungimi de undă mai mici de 10^{-5} nm, la unde radio cu lungimi de undă de un metru sau mai mari. Este parte componentă a radiației solare situată între razele X și lumina vizibilă și constă din unde electromagnetice cu frecvențe invizibile pentru oameni, dar vizibile pentru unele insecte, păsări și pești. Aceste frecvențe sunt mai mari decât cele pe care ochiul uman le percepe ca având culoarea violet astfel că sunt numite „ultraviolete”.

Lumina UV are lungimea de undă cuprinsă între 10 și 400 nm. În conformitate cu standardul pentru determinarea iradierii solare (ISO 21348-2007), acest domeniu este divizat în mai multe moduri. Majoritatea luminii UV este clasificată ca radiație neionizantă, doar porțiunea dintre 10 nm și 100 nm fiind considerată ionizantă (I-UV). Lungimile de undă ale luminii I-UV sunt absorbite de oxigen și alte gaze din aer, astfel că acestea au o traiectorie scurtă în atmosfera terestră. Totuși, lumina UV are unele dintre caracteristicile biologice ale radiației ionizate astfel că produce mai multe daune, prin încălzire, asupra multor sisteme biologice.

Lumina UV vacuum (V-UV) este denumită astfel întrucât este absorbită puternic de aer și de aproape toate substanțele. Domeniul de lungime de undă al luminii V-UV este situat între 10 nm și 200 nm, adică include lumina I-UV. Oxigenul este absorbantul principal al porțiunii cu lungimi de undă mari din această regiune, 150–200 nm.

Regiunea situată între 200 și 400 nm este împărțită în trei segmente, UV-A, UV-B și UV-C, în funcție de efectele biologice pe care le provoacă lumina UV. Segmentul UV-A conține unde UV lungi (315–400 nm) care produc bronzarea pielii. Segmentul UV-B conține unde UV medii (280–315 nm) care pot produce arsuri ale pielii. O fracțiune mică din acest segment (295–297 nm) este responsabilă de formarea vitaminei D în toate organismele care sintetizează această vitamină, inclusiv oamenii. Segmentul UV-C conține unde UV scurte (200–280 nm) care au efect germicid, fiind capabile să distrugă sau să inactiveze bacterii, virusuri și fungi. Lumina UV-C este absorbită aproape complet după ce pătrunde în aer, în câteva sute de metri astfel că nu este observată aproape niciodată în natură. Atunci când fotonii UV-C se ciocnesc cu atomii de oxigen, schimbul de energie produce formarea ozonului. Prin urmare, atmosfera terestră acționează ca un mediu de filtrare a luminii UV, doar 3% din energia totală a soarelui la zenit fiind dată de lumina UV, această fracție scăzând la alte unghiuri ale poziției soarelui (ISO 21348-2007; Koutchma et al., 2009, p. 9). Prin urmare, lumina UV are efecte variate asupra oamenilor, atât benefice, cât și dăunătoare.



Datorită efectului germicid, lumina UV-C produsă artificial este utilizată pentru decontaminarea suprafețelor, a aerului din încăperi, a ustensilelor medicale, a apei potabile și reziduale etc. prin inactivarea sau distrugerea microorganismelor (bacterii, drojdii, spori de mucegai), virusurilor, protozoarelor, viermilor și a altor materiale biologice similare (Kowalski, 2009, p. 7-9).

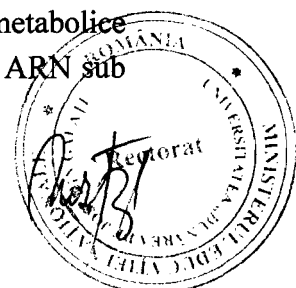
În industria alimentară, lumina UV-C este utilizată pentru decontaminarea suprafeței utilajelor ca adaos la practicile bune de curățare și igienizare uzuale și pentru decontaminarea suprafeței ambalajelor, accesoriilor de ambalaj și materialelor de ambalaj precum cutii, capace, butelii, cartoane, tuburi, folii și filme. Deși este eficientă pentru decontaminarea suprafețelor netede, lumina UV-C are relativ puține aplicații la decontaminarea alimentelor. Gama redusă de instalații disponibile comercial pentru decontaminarea materialelor solide contribuie la limitarea utilizării luminii UV (Koutchma et al., 2009, p. 9).

Lumina UV este letală pentru majoritatea tipurilor de microorganisme din aer, apă sau de pe suprafețe tari. Inactivarea celulelor se bazează pe deteriorarea acizilor nucleici și a unor proteine prin modificări fotochimice sub acțiunea luminii UV.

Inactivarea începe cu absorbția fotonilor UV în celula microorganismului. Pe măsură ce lumina UV cu 200–300 nm pătrunde într-un microorganism, este absorbită de diferite componente ale celulei, însă numai proteinele și nucleotidele componente ale ADN și ARN absorb o cantitate semnificativă de lumină UV în acest domeniu de lungimi de undă. Proteinele absorb cea mai mare parte a luminii UV sub 230 nm, iar peste această valoare absorbția este dominată de nucleotide. Aminoacizii care absorb semnificativ peste 210 nm sunt cei aromatici (triptofan, fenilalanină și tirozină), cu un pic mic de absorbție la 280 nm datorat în special triptofanului. Apa absoarbe puternic lumina UV sub 230 nm astfel că aceste lungimi de undă nu sunt disponibile pentru inactivarea microorganismelor (Bolton & Cotton, 2008, p. 25).

Întrucât lungimea căii optice într-o celulă este foarte mică ($< 1 \mu\text{m}$), mai puțin de 5 % (de obicei $< 1-2 \%$) din lumina incidentă pe un microorganism este absorbită. În aceste condiții, moleculele absorbante se comportă independent. Astfel, deși proteinele din straturile exterioare ale membranei celulare pot absorbi lumina UV, sunt necesare doze foarte mari de lumină UV pentru ruperea legăturilor din lanțurile de aminoacizi care să ducă la ruperea membranei și, în final, la moartea celulei ca urmare a scurgerii protoplasmei. Prin urmare, proteinele din straturile exterioare ale membranei celulare nu pot acționa ca un filtru pentru a proteja nucleul din interiorul celulei față de lumina UV. În schimb, la doze mai mici ale luminii UV, absorbția fotonilor UV de către ADN (sau ARN în unele virusuri) poate întrerupe capacitatea celulei de a se reproduce. În consecință, aproape toată inactivarea produsă de lumina UV rezultă din absorbția acesteia în nucleotide (Bolton & Cotton, 2008, p. 25-26).

Acizii nucleici sunt acidul dezoxiribonucleic (ADN) și acidul ribonucleic (ARN). Nucleul majorității celulelor este alcătuit din ADN dublu elicoidal. ADN conține informația necesară pentru sinteza ARN ribozomal, de transfer și mesager implicați în procesele metabolice de sinteză din celulă. Materialul genetic al virusurilor și bacteriofagilor este ADN sau ARN sub formă elicoidală simplă sau dublă (Koutchma et al., 2009, p. 69).



Acizii nucleici sunt macromolecule cu catenă lungă alcătuite din secvențe de nucleotide. Fiecare nucleotidă conține o grupare pentoza-fosfat (pentoza este riboza în ARN și dezoxiriboza în ADN) și o bază azotată. Bazele azotate sunt de două tipuri: purine și pirimidine. Bazele purinice sunt aceleași în ADN și ARN (adenina și guanina). Pirimidinele sunt diferite: timina și citozina în ADN, respectiv uracilul și citozina în ARN. Adenina formează pereche cu timina în ADN și cu uracilul în ARN, în timp ce guanina formează pereche cu citozina în ambii acizi nucleici (Segal, 2006).

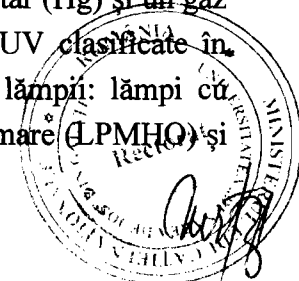
Acizii nucleici absorb lumina UV cu lungimi de undă cuprinse între 200 și 310 nm. Lumina UV absorbită provoacă ruperea unor legături și formarea dimerilor pirimidinei care sunt legați între perechile adiacente de timină sau citozină în același lanț ADN sau ARN. Acești dimeri alterează structura elicoidală și previn replicarea celulelor astfel că microorganismele devin inactice și incapabile de reproducere (Koutchma et al., 2009, p. 70).

Toate nucleotidele din ADN și ARN absorb lumina UV în domeniul 200–300 nm, însă dintre cele patru nucleotide esențiale din ADN doar timina suferă o reacție fotochimică unică, în urma absorbției unui foton UV formându-se o legătură chimică între două timine cu obținerea unui dimer de timină. Formarea dimerilor de timină (și a altor dimeri asemănători) perturbă structura ADN-ului, astfel încât, dacă se formează un număr critic de dimeri, ADN-ul este deteriorat și nu se mai poate replica. Deteriorarea ADN-ului blochează transcripția și replicarea informației genetice astfel că microorganismul în cauză nu mai este capabil să se reproducă. Aceasta previne infecția întrucât celulele care nu se pot reproduce nu pot provoca infecție. Fără capacitatea de reproducere, cuplată cu durata scurtă de viață a majorității microorganismelor, mărimea populației din materialul tratat cu lumină UV-C se va reduce rapid. Prin urmare, deteriorarea ADN-ului reprezintă mecanismul fundamental al dezinfecției cu lumină UV (Bolton & Cotton, 2008, p. 27; Rosenthal, 2000).

Doza de lumină UV-C necesară pentru inactivarea bacteriilor în formă vegetativă, de exemplu *Campylobacter jejuni*, *Clostridium perfringens*, *Enterobacter cloacae*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Mycobacterium tuberculosis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhimurium*, *Staphylococcus aureus*, *Vibrio cholerae*, *Yersinia enterocolitica* etc. are valori mai mici de 25 mJ/cm². Pentru bacteriile sporulate, doza de lumină UV-C este mai mare, de exemplu cel puțin 60 mJ/cm² pentru spori de *Bacillus subtilis* sau 80 mJ/cm² pentru spori de *Bacillus anthracis* (Bolton & Cotton, 2008, p. 35–36; Koutchma et al., 2009, p. 73–75).

Lumina UV-C are eficacitate germicidă maximă la lungimi de undă de aproximativ 260–265 nm. Acest maxim coincide cu maximum absorbției luminii UV de către nucleotidele ADN-ului microroganismelor. Eficacitatea germicidă a luminii UV-C variază între specii (Kowalski, 2009, p. 17).

Lumina UV-C artificială utilizată pentru decontaminare este furnizată de lămpi UV cu mercur care conțin, în majoritatea cazurilor, o cantitate mică de mercur elementar (Hg) și un gaz inert, de exemplu argon (Ar). În general, se utilizează trei tipuri de lămpi UV clasificate în funcție de presiunea parțială de vapori a mercurului în timpul funcționării lămpii: lămpi cu mercur de presiune joasă (LPM), lămpi cu mercur de presiune joasă și putere mare (LPMHQ) și



lămpi cu mercur de presiune medie (MPM). Lămpile LPM și MPM sunt utilizate la tratarea apei de peste 60 de ani (Koutchma et al., 2009, p. 33).

Lămpile LPM emit lumină UV-C cu lungimea de undă maximă 253,7 nm (254 nm) care reprezintă circa 85 % din intensitatea UV total emisă și este legată în mod direct de efectul germicid întrucât este foarte aproape de maximum de absorbție al luminii UV-C de către nucleotidele din ADN (Koutchma et al., 2009, p. 37).

Lumina UV acționează la suprafața materialelor supuse tratamentului. Excepție fac lichidele, în care lumina UV poate pătrunde până la o adâncime de 1-2 mm în cele opace și de maximum 9-10 mm în apă limpede. Prin urmare, în cazul produselor alimentare, cu excepția celor lichide, lumina UV acționează de obicei la suprafață astfel că vor fi decontaminate doar microorganismele de pe suprafața la care ajunge lumina UV.

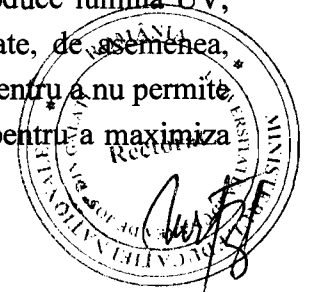
Între suprafața produselor și microorganismele prezente pe aceasta pot apărea interacțiuni complexe, de exemplu efecte de ecranare față de lumina UV incidentă cauzate de neregularitatea suprafeței (fisuri, crăpături, rugozitate, forme neregulate etc.). Prin urmare, eficacitatea tratamentului cu lumină UV depinde de structura și topografia suprafeței și este cu atât mai mare cu cât suprafața produsului tratat este mai netedă și mai regulată, respectiv lumina UV ajunge pe toată suprafața produsului (Koutchma et al., 2009, p. 9).

Există mai multe brevete care descriu instalații de tratare cu lumină UV utilizate pentru gaze, încăperi, suprafețe, apă potabilă, ape reziduale, ustensile medicale, produse alimentare diverse. În continuare sunt discutate câteva dintre brevetele existente.

US 6150663 prezintă un aparat de decontaminare a produselor alimentare și băuturilor proaspete utilizând mai multe etape de expunere la diferite lungimi de undă ale luminii UV și infraroșii. Aparatul are trei configurații de bază cu platforme de expunere speciale pentru categorii variate de produse alimentare: „solide” (fructe și legume proaspete tăiate, fructe cu sâmburi, fructe de pădure, carne), „fluide” sau vâscoase (compoziție pentru preparate din carne tocată – hamburgeri, cârnați etc., sosuri, siropuri și concentrate) și „lichide” (apă, sucuri și băuturi).

Platforma de expunere pentru alimentele „solide” permite tratarea în trei etape: a) fotoreglarea alimentelor realizată cu două lămpi cu xenon; b) inactivarea microorganismelor patogene realizată cu diferite aranjamente de până la 14 lămpi LPMHO răcite cu aer și c) fotoreactivarea prin expunere la o sursă policromatică apropiată de infraroșu pentru refacerea proprietăților organoleptice afectate posibil în etapa anterioară (Rosenthal, 2000). Celelalte două platforme nu prezintă interes într-o discuție referitoare la un tratament posibil al produselor alimentare granulare.

În US 6461568 B1 sunt prezentate o metodă și un aparat portabil pentru sterilizarea obiectelor mici cu pulsuri de lumină asigurate de o lampă cu xenon care produce lumină UV, lumină vizibilă și unde infraroșii în domeniul 160–2000 nm. Sunt prezentate, de asemenea, variante în care lampa xenon este introdusă într-o carcasă din sticlă obișnuită pentru a nu permite trecerea luminii UV cu lungimi de undă sub 380 nm sau din sticlă de cuarț pentru a maximiza



transmiterea luminii UV. Lumina emisă de lampa xenon în domeniul de lungimi de undă 380–2000 nm asigură energie pentru încălzirea instantanee a suprafeței obiectului care trebuie sterilizat fără a încălzi interiorul obiectului. Se obține o sterilizare mai eficientă într-un timp scurt și se utilizează mult mai puțină energie decât este necesară pentru încălzirea integrală a obiectului. De asemenea, metoda are un efect scăzut asupra integrității structurale a obiectului, evitându-se modificări nedorite cum ar fi cele provocate de topirea plasticului.

Această tehnică poate fi utilizată pentru a steriliza obiecte mici precum o suzetă sau un biberon cu o putere totală de 1–20 J folosind o lampă cu xenon care emite lumină UV sub formă de pulsuri în domeniul de lungimi de undă 160–380 nm. Alternativ, poate fi utilizată o lampă care emite continuu lumină UV în același domeniu, 160–380 nm (Eckhardt, 2002).

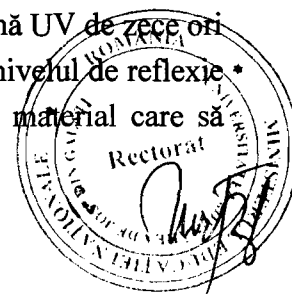
Existența unei singure lămpi care produce și lumină UV și dispunerea obiectelor supuse tratamentului într-un strat necesită întoarcerea lor pentru a fi expuse pe toate fețele la acțiunea luminii UV. Acest lucru este posibil pentru obiecte de dimensiuni reduse, cu forme regulate, însă este foarte dificil, aproape imposibil, pentru produse granulare. Prin urmare, metoda și aparatul prezentate în US 6461568 B1 sunt nepotrivite pentru tratarea cu lumină UV a produselor alimentare granulare.

US 6670619 B2 prezintă un aparat pentru tratamentul rapid al unui obiect cu lumină UV la o lungime de undă UV selectată. Aparatul este alcătuit dintr-o carcasă cu o cameră interioară care conține mai multe surse de lumină UV, fiecare emițând la o anumită lungime de undă și una sau mai multe plăci de conversie care pot fi așezate între sursele de lumină și obiectul supus tratamentului astfel încât la acesta să ajungă o anumită lungime de undă (Waluszko, 2003). Acest aparat nu este potrivit pentru tratarea cu lumină UV a produselor alimentare granulare.

Aparatul pentru tratare cu lumină UV prezentat în US 7511281 B2 este alcătuit dintr-o cameră închisă, captușită la interior cu un material care reflectă lumina UV, o lampă UV și un tub transparent prin care să pătrundă lumina UV la produsul fluid care circulă prin tub. Produsul supus tratamentului cu UV pentru sterilizare poate fi apă, aer, gaze utilizate în camere sterile, reactivi, componente ale sângelui (de exemplu hematii, leucocite, plasmă), băuturi pentru consum etc. (Cooper, 2009).

Ca material care reflectă lumina UV pot fi utilizate materiale diverse (SU 1010860), de exemplu materiale plastice în care se dispersează sulfat de bariu (1-3 %), silicat de sodiu (0,15-2,25 %) și apă (diferența) pentru a crește coeficientul de reflexie și a îmbunătăți rezistența la lumină UV a materialului (Guzov et al., 1997).

De asemenea, pot fi utilizate plăci de aluminiu lustruite sau aluminiu anodizat, politetrafluoroetilenă (PTFE), politetrafluoroetilenă expandată (ePTFE) sau alte materiale plastice. În orice formă ar fi, materialul care reflectă lumina UV trebuie să aibă un nivel ridicat de reflexie, preferabil cuprins în intervalul 90–100 %. De exemplu, o cameră acoperită cu material reflectorizant cu nivelul de reflexie de 99 % furnizează o doză de lumină UV de zece ori mai mare în comparație cu o cameră acoperită cu un material reflectorizant cu nivelul de reflexie de 90 %. Tubul prin care circulă fluidul trebuie să fie confecționat dintr-un material care să



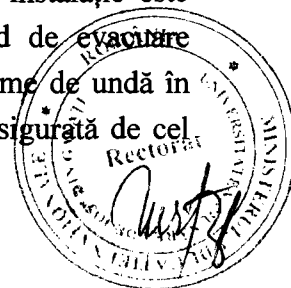
permite trecerea luminii UV. Pentru a se obține o eficiență maximă a camerei de tratare, materialul din care este confecționat tubul trebuie să aibă coeficientul de transmisie de 100 %. Când un coeficient de transmisie de 100 % nu este posibil, se folosesc sticlă silicică foarte transparentă, safir și sticlă silicică cu fluorină care au, de obicei, un coeficient de transmisie mai mare de 80 % la lungimi de undă mai mici de 300 nm (Cooper, 2009).

Deși aparatul descris în **US 7511281 B2** este destinat în mod special tratării materialelor lichide și gazoase, se menționează că varianta prezentată poate fi ușor adaptată pentru tratarea materialelor solide cum ar fi particule în suspensie sau emulsie, alimente, instrumente chirurgicale și alte obiecte similare. Adaptarea poate fi realizată prin îndepărtarea tubului transparent la lumină UV, închiderea orificiilor de intrare și ieșire și introducerea unui recipient pentru poziționarea materialului solid în vederea tratării cu lumină UV. Varianta adaptată pentru tratarea cu UV a materialelor solide a aparatului descris în **US 7511281 B2** prezintă dezavantajul tratamentului în strat fix care nu permite luminii UV să ajungă pe fețele materialelor solide care nu sunt expuse direct la lumina UV produsă de sursă, acestea nefiind decontaminate.

Acest dezavantaj este soluționat în **RU 2234944** care se referă la aparate pentru dezinfectarea și sterilizarea obiectelor utilizate în medicină. Aparatul este alcătuit dintr-o cameră de lucru în care sunt montate lămpi care produc pulsuri de lumină UV, grătare pe care se așază obiectele supuse tratamentului și un dispozitiv de pulverizare a unei substanțe antiseptice. Suprafața interioară a pereților camerei este căptușită cu un material care reflectă lumina UV. Lămpile sunt aranjate pe rânduri, între grătare, cel puțin câte două pe rând. Invenția prezintă o eficiență ridicată, permițând tratamentul cu pulsuri de lumină UV a întregii suprafețe a obiectelor supuse dezinfectării și sterilizării într-un timp redus și la o temperatură scăzută (Sinajskij et al., 2004).

Invenția este destinată dezinfectării și sterilizării ustensilelor medicale. Totuși, dacă se dorește utilizarea ei pentru alte produse, se constată că prezintă o serie de dezavantaje. Astfel, aparatul poate fi utilizat numai pentru tratarea unor obiecte cu anumite dimensiuni, medii și mari, tratamentul unor produse de dimensiuni mici, de exemplu materiale granulare, fiind inefficient din cauza acțiunii luminii UV numai în straturile superficiale, fără să ajungă la particulele din straturile centrale. De asemenea, grătarele trebuie să aibă ochiuri cu dimensiuni mai mici decât dimensiunile particulelor din stratul de material granular sau materialul granular trebuie așezat pe niște tăvi confecționate dintr-un material transparent la lumina UV. Dacă materialul granular ar fi așezat într-un singur strat, atunci particulele ar putea fi tratate pe aproape toată suprafața, însă eficiența tratamentului ar fi redusă întrucât s-ar trata cantități foarte mici de produs. În plus, substanțele antiseptice utilizate pentru ustensilele medicale nu pot fi utilizate pentru decontaminarea produselor alimentare.

Cea mai aproape din punct de vedere tehnic de invenția revendicată este instalația descrisă în **RU 2279806** destinată conservării semințelor comestibile. Această instalație este alcătuită dintr-un jgheab vibrator prevăzut cu racord de alimentare și racord de evacuare deasupra căruia sunt montate lămpi care produc pulsuri de lumină UV cu lungime de undă în domeniul 185–400 nm, cu durata unui puls de 1–10 ms și energia luminoasă asigurată de cel



puțin 100 kW/m². Jgheabul este prevăzut la partea inferioară cu o sursă de vibrații cu posibilitatea reglării frecvenței vibrațiilor și cu amortizoare (Arkhipov et al., 2006).

Dezavantajul principal al acestei invenții constă în lipsa posibilității de reglare a distanței dintre lămpile UV și produsul supus tratamentului pentru a permite stabilirea dozei de lumină UV la valorile necesare unui anumit tratament.

Efectul letal al luminii UV asupra microroganismelor depinde de cantitatea de lumină UV transmisă către produsul supus tratamentului. Aceasta se măsoară ca energie incidentă pe unitatea de suprafață normală pe fasciculul de unde UV. Termenii utilizați sunt fluență (sau doză de lumină UV) și viteza fluenței. Fluența reprezintă cantitatea de energie radiantă absorbită pe o unitate de suprafață tratată și este exprimată în J/m² sau mJ/cm². Viteza fluenței reprezintă puterea totală radiantă care provine din toate direcțiile pe o sferă cu o arie a secțiunii transversale infinitezimală (sau fluența raportată la durata de expunere la UV) și este exprimată în W/m² sau mW/cm². Pentru determinarea fluenței sau dozei de lumină UV aplicate produsului trebuie măsurată viteza fluenței și înmulțită cu timpul de expunere la lumină UV. Viteza fluenței trebuie determinată întotdeauna exact în locul în care a fost expus produsul, respectiv microorganismul care trebuie inactivat (Koutchma et al., 2009, p. 7).

Legea descreșterii intensității luminii cu mărirea distanței până la sursa de lumină se aplică și luminii UV. Rezultă că distanța dintre lampa UV și suprafața produsului tratat are o influență semnificativă asupra eficacității inactivării microorganismelor de pe suprafața produsului tratat cu lumină UV. Prin modificarea distanței dintre lampa UV și produs este posibilă mărirea sau micșorarea fluenței luminii UV, respectiv a dozei de lumină UV absorbită de microorganisme. Aceasta asigură flexibilitatea instalației, permițând realizarea inactivării diferitelor tipuri de microorganisme la aceeași putere a lămpii UV. De exemplu, pentru inactivarea bacteriilor în formă sporulată distanța între lampă și produs trebuie să fie destul de mică deoarece aceste bacterii necesită o doză de iradiere mai mare decât cele în formă vegetativă. În funcție de scopul utilizării (decontaminarea produsului contaminat cu bacterii sporulate sau în formă vegetativă) este posibilă alegerea regimului potrivit pentru o decontaminare cât mai eficientă, respectiv valori optime pentru distanța dintre lampă și produs și durata tratamentului.

Variația fluenței luminii UV prin modificarea poziției lămpilor influențează productivitatea instalației. Astfel, la o distanță mai mică între lampa UV și produs, durata de expunere a produsului pentru a se produce aceleași efecte ireversibile în microorganisme va fi mai mică. Aceste constatări pot fi aplicate pentru optimizarea procesului.

Obiectul invenției este reprezentat de metoda și instalația de tratare cu lumină UV-C (cu efect germicid) a produselor alimentare granulare care să permită expunerea la lumină UV-C a întregii suprafețe a particulelor de produs granular și utilizarea unor regimuri de tratament diferite prin modificarea fluenței luminii UV-C și a duratei tratamentului.

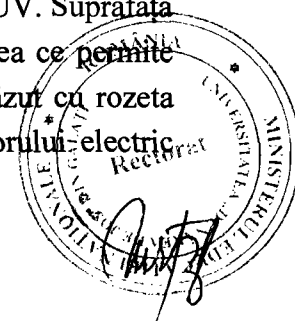
Instalația de tratare cu lumină UV-C, conform invenției, elimină dezavantajele menționate mai sus prin introducerea în camera de lucru a unui dispozitiv oscilant-vibrator care



determină mișcarea particulelor de produs granular pe toată durata tratamentului și expunerea întregii lor suprafețe la acțiunea luminii UV-C, respectiv prin montarea lămpilor UV-C pe tije filetate a căror poziție poate fi reglată pentru a modifica distanța dintre lămpile UV-C și produs. Instalația permite decontaminarea produsului granular într-un regim optim, în funcție de gradul de contaminare și tipul microorganismelor care trebuie inactivate.

Instalația pentru decontaminarea produselor alimentare granulare cu lumină UV (fig. 1) este prevăzută cu camera de lucru (106) așezată pe suporturile (101) care permit reglarea poziției instalației pe orizontală. Pereții interiori ai camerei de lucru (106) sunt acoperiți cu un material care reflectă lumina UV. Ușa (112) care permite accesul la interior este fixată pe peretele din față al camerei de lucru (106) prin intermediul balamalei (111) și este prevăzută cu mânerul (113). În peretele orizontal de la partea superioară sunt prevăzute două orificii în care sunt montate cele două tije filetate (107), fixate în anumite poziții cu piulițele-flutur (108). La capătul inferior al tijelor filetate (107) este fixată placa metalică (104) cu ajutorul piulițelor (105). În placa metalică (104) este fixat, prin sistemul de prindere șurub-șaiță-piuliță (109), ansamblul care conține lămpile UV-C alcătuit din carcasa (103) și două lămpi UV-C (110). Pentru tratamentul cu lumină UV-C în această intralație pot fi utilizate ambele lămpi UV-C sau una singură. Sub lămpile UV-C este așezat dispozitivul oscilant-vibrator (102) prevăzut cu piciorușe de susținere îmbrăcate în suporturi din silicon (201) care se lipesc pe partea interioară a peretelui orizontal inferior al camerei de lucru (106) și permit amplasarea într-o anumită poziție a dispozitivului.

Dispozitivul oscilant-vibrator (fig. 2) este alcătuit din corpul (202) care adăpostește sistemul electric al dispozitivului, placa perforată (204), recipientul (206), motorul electric (208), sistemul de fixare a plăcii perforate compus din conurile din cauciuc (212) și arcurile (211), cârligele (205) și sistemul de fixare tip șurub-șaiță-piuliță (207) a motorului electric (208). Între corpul (202) și placa perforată (204) sunt fixate cu șuruburi patru perechi de conuri din cauciuc (212), câte una pe corpul (202) și una sub placa perforată (204). Conurile pereche sunt îmbrăcate în câte un arc (211). Cele patru ansambluri identice rezultate, con din cauciuc (212) - arc (211) - con din cauciuc (212), sprijină partea mobilă a dispozitivului oscilant-vibrator (102) și sunt răspunzătoare de mișcarea vibratoare transmisă particulelor de produs granular din recipientul (206) în timpul tratamentului cu lumină UV. Motorul electric (208) este fixat central, sub placa perforată (204) prin sistemul de fixare etanșă tip șurub-șaiță-piuliță (207). Recipientul (206) în care se introduce produsul granular supus tratamentului cu lumină UV-C este așezat pe placa perforată (204) și fixat cu cârligele (205) care sunt filetate la capătul care trece prin placa perforată (204) și sunt strânse cu piulițele-flutur (203). Această construcție – perforația suprafeței vibratoare și sistemul de prindere a recipientului (206) cu cârligele (205) – permite utilizarea unui recipient (206) de capacitate și formă diferite în funcție de cantitatea de produs granular supusă tratamentului. Recipientul (206) este confecționat din aluminiu cu suprafața netedă sau alt material ușor și acoperit cu un strat de material care reflectă lumina UV. Suprafața interioară a fundului recipientului (206) este prevăzută cu alveole (adâncituri) ceea ce permite repartizarea uniformă a produsului pe întreaga suprafață. Corpul (202) este prevăzut cu rozeta (210) cu ajutorul căreia se schimbă turația motorului electric. Conexiunea motorului electric

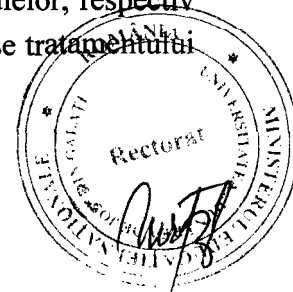


(208) la sistemul electric adăpostit în corpul (202) este realizată prin fire flexibile (nu este arătată în desene).

Fig. 3 prezintă fixarea unui excentric (302) pe axul (301) al motorului electric (208) prin intermediul unui șurub (303) cu cap hexagonal pentru realizarea mișcării oscilante a plăcii perforate (204) și a recipientului (206).

În continuare este prezentat modul de funcționare a instalației de tratare a produselor alimentare granulare cu lumină UV. Se deschide ușa (112) a camerei de lucru (106). Se fixează recipientul (206) cu ajutorul cârligelor (205) pe suprafața vibratoare, placa perforată (204). Se închide ușa (112) a camerei de lucru (106). Se aprind lămpile UV-C (110) și se realizează decontaminarea suprafețelor și a aerului din interiorul camerei de lucru (106). După aceasta se sting lămpile UV-C (110) și se deschide ușa (112) a camerei de lucru (106). Se introduce proba de produs granular care trebuie tratată cu lumină UV în recipientul (206). Se pornește motorul electric (208), se stabilește poziția rozetei (210) în funcție de valoarea turației de lucru și se închide ușa (112) a camerei de lucru (106). Rotația axului (301) al motorului electric (208) se transmite excentricului (209) fixat pe axul (301) care determină mișcarea oscilantă a plăcii perforate (204). În același timp, sprijinirea plăcii perforate (204) pe cele patru ansambluri con din cauciuc (212) - arc (211) - con din cauciuc (212) determină mișcarea vibratoare a plăcii perforate (204) și a recipientului (106). Produsul granular trece repede din starea de „strat fix” în starea de „strat vibrofluidizat”. Se aprind lămpile UV-C (110) și se realizează tratamentul produsului un anumit timp. Datorită modificării continue a poziției particulelor de produs față de sursa de lumină UV se realizează expunerea întregii suprafețe a particulelor, astfel că decontaminarea suprafeței produsului este foarte eficientă. După scurgerea duratei de timp stabilite se oprește motorul electric (208), se sting lămpile UV-C (110), se deschide ușa (112) a camerei de lucru (106), se deșurubează piulițele-fluturi (203) care fixează cârligele (205) și se evacuează din camera de lucru (106) recipientul (206) cu proba de produs tratat cu lumină UV-C.

Întrucât inactivarea microorganismelor este în funcție de doza de lumină UV-C absorbită, care depinde, la rândul său, de fluentă și durata tratamentului, se pot stabili regimuri de tratare cu lumină UV-C variate prin modificarea poziției lămpilor UV-C, respectiv a distanței dintre lămpi și probă. Astfel, prin deșurubarea piulițelor-fluturi (108) pe tije filetate (107), lămpile UV-C (110) coboară către recipientul (206) cu produs granular, deci distanța se micșorează, iar prin înșurubarea piulițelor-fluturi (108) pe tije filetate (107) lămpile UV-C (110) urcă, depărtându-se de recipientul (206) cu produs granular, deci distanța se mărește. Durata tratamentului se stabilește prin alegerea momentului opririi tratamentului cu lumină UV. De asemenea, prin modificarea turației motorului electric cu ajutorul rozetei (210) de pe corpul (202) al dispozitivului oscilant-vibrator (202) se reglează amplitudinea și frecvența oscilațiilor sistemului oscilant-vibrator. Toate acestea permit stabilirea regimului de lucru potrivit pentru diferite tipuri de produse granulare care se deosebesc prin masa, dimensiunile și forma particulelor, respectiv în funcție de numărul inițial de microorganisme de pe suprafața produselor supuse tratamentului și tipul acestora (microorganisme forme vegetative sau sporulate).



6

Instalația, conform invenției, a fost proiectată, construită și testată utilizând ca material granular boabe de grâu (*Triticum aestivum*) care au fost supuse tratamentului cu lumină UV-C timp de 5–25 minute, distanțe de 5–15 cm între lămpile UV-C și produs și diferite turații ale motorului electric al dispozitivului oscilant-vibrator. Numărul total de microorganisme, numărul de funghi (drojdii și mucegaiuri) și numărul de bacterii sporulate aerobe mezofile de pe suprafața boabelor de grâu a fost redus, față de proba martor, cu 1,51-log ufc/g, 1,87-log ufc/g, respectiv 1,45-log ufc/g după 15 minute de expunere la lumină UV-C, durată considerată optimă pentru distanța de 10 cm între lămpile UV-C și produs. În continuare, grâul tratat a fost măcinat pentru a se obține făină integrală din care, după perioada corespunzătoare de minimum 14 zile necesară pentru maturare, s-au efectuat probe de coacere. Pâinea obținută a fost analizată și s-a constatat că nu mai apar semne de apariție a bolii întinderii, provocată de bacterii aerobe mezofile precum *Bacillus subtilis* sp. *mezentericus*, nici după 72 ore, spre deosebire de proba martor, pâine obținută din făină din grâu netratat la care primele semne ale bolii au apărut după 48 ore. Prin urmare, tratamentul boabelor de grâu cu lumină UV-C prin metoda și în instalația care fac obiectul invenției în vederea decontaminării este eficientă.

Metoda și instalația, conform invenției, prezintă următoarele avantaje:

- asigură expunerea întregii suprafețe a particulelor de produs granular prin antrenarea și menținerea acestora într-un strat „vibrofluidizat” pe toată durata tratamentului;
- asigură modificarea turației motorului electric al dispozitivului oscilant-vibrator ceea ce permite adaptarea metodei de tratare cu lumină UV-C pentru diferite produse alimentare granulare care se deosebesc prin masa, mărimea și forma particulelor;
- asigură reglarea distanței dintre lămpile UV-C și produsul supus tratamentului prin modificarea poziției lămpilor, permițând astfel modificarea fluenței luminii UV-C;
- permite stabilirea unui regim optim pentru decontaminarea produselor granulare în funcție de gradul de încărcare cu microorganismele și tipul microorganismelor care trebuie inactivate.

Referințe bibliografice

- ISO 21348:2007. Space environment (natural and artificial) – Process for determining solar irradiances
- Koutchma T.N., Forney L.J. & Moraru C.I. 2009. *Ultraviolet light in food technology: Principles and Applications*. CRC Press / Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL, USA.
- Kowalski W. 2009. *Ultraviolet germicidal irradiation handbook: UVGI for air and surface disinfection*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Bolton J.R. & Cotton C.A. 2008. *The ultraviolet disinfection handbook*. American Water Works Association, Denver, CO.
- Segal R. 2006. *Biochimia produselor alimentare*. Editura Academica, Galați.
- Rosenthal R.A. 2000. Food sanitizing apparatus. US 6150663.



Eckhardt R.A. 2002. Method and apparatus for sterilizing small objects. Patent no. US 6461568 B1.

Waluszko A. 2003. Transilluminator. Patent no. US 6670619 B2.

Cooper J.R. 2009. Ultraviolet light treatment chamber. Patent no. US 7511281 B2.

Guzov I.P., Punin V.T. & Khudikov N.M. 1997. Coating composition reflecting ultraviolet light. Patent no. SU1010860.

Sinajskij V.V., Silujanov V.V., Radchenko E.K. & Kirjukhina T.A. 2004. Apparatus for disinfecting and sterilizing of objects. Patent no. RU 2234944.

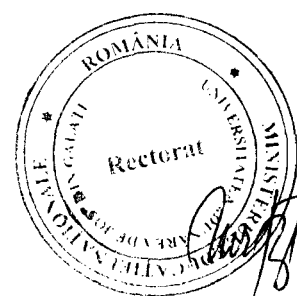
Arkhipov V.P., Bazikov V.I., Kamrukov A.S., Kozlov N.P., Krylov A.I., Shashkovskij S.G.E. & Jalovik M.S. 2006. Method and device for disinfecting loose material. Patent nr. RU 2279806.



Revendicări

Metodă și instalație pentru decontaminarea produselor alimentare granulare cu lumină ultravioletă

1. Metodă de decontaminare a produselor alimentare granulare cu lumină ultravioletă (UV) prin mișcare continuă pe toată durata tratamentului astfel încât suprafața particulelor să fie expusă în totalitate la acțiunea luminii UV.
2. Instalație de decontaminare cu lumină UV alcătuită dintr-o cameră de lucru ai cărei pereți interiori sunt acoperiți cu un material care reflectă lumina UV, un dispozitiv oscilant-vibrator, două lămpi UV-C montate într-o carcasă, caracterizată prin fixarea lămpilor, printr-o placă metalică, la capătul a două tije filetate montate în partea superioară a camerei de lucru și a căror poziție poate fi modificată cu ajutorul unor piulițe-fluturi ceea ce permite variația distanței dintre lămpi și probă, respectiv variația dozei de lumină UV care este absorbită de microorganisme și stabilirea unui regim optim în funcție de gradul de contaminare și tipul microorganismelor care trebuie inactivate.
3. Dispozitiv oscilant-vibrator inclus în instalația de decontaminare cu lumină UV și alcătuit dintr-un corp care adăpostește sistemul electric, o placă perforată pe care se așază recipientul pentru produs, fixat cu ajutorul unor cârlige filetate, un ansamblu de patru perechi de conuri de cauciuc îmbrăcate cu arcuri pentru a susține placa perforată și a permite mișcarea oscilant-vibratoare, un motor electric pe al cărui ax este montat un excentric, sisteme de fixare a componentelor și o rozetă cu care se reglează turația motorului și prin aceasta amplitudinea și frecvența oscilațiilor sistemului vibrator, permițând stabilirea regimului de lucru potrivit pentru diferite tipuri de produse granulare care se deosebesc prin masa, dimensiunile și forma particulelor, respectiv în funcție de numărul inițial de microorganisme de pe suprafața produselor supuse tratamentului și tipul acestora (microorganisme forme vegetative sau sporulate).



Desene

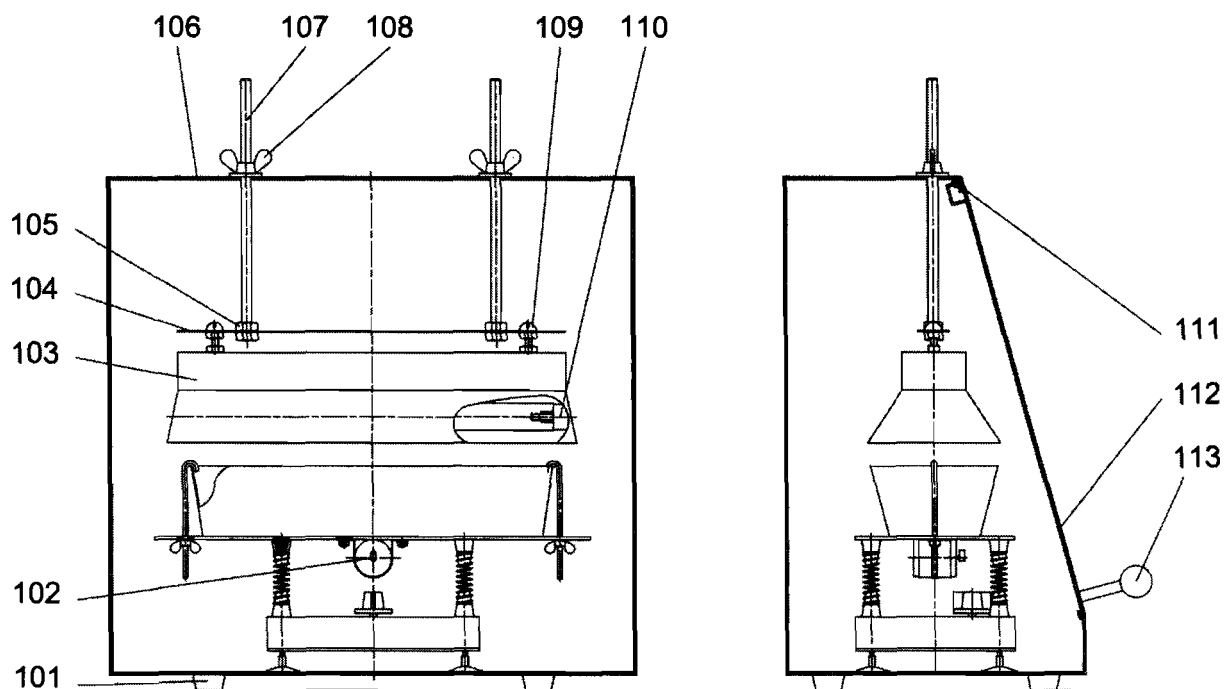
Metodă și instalație pentru decontaminarea produselor alimentare granulare cu lumină ultravioletă

Fig. 1. Instalație pentru decontaminarea produselor alimentare granulare cu lumină UV



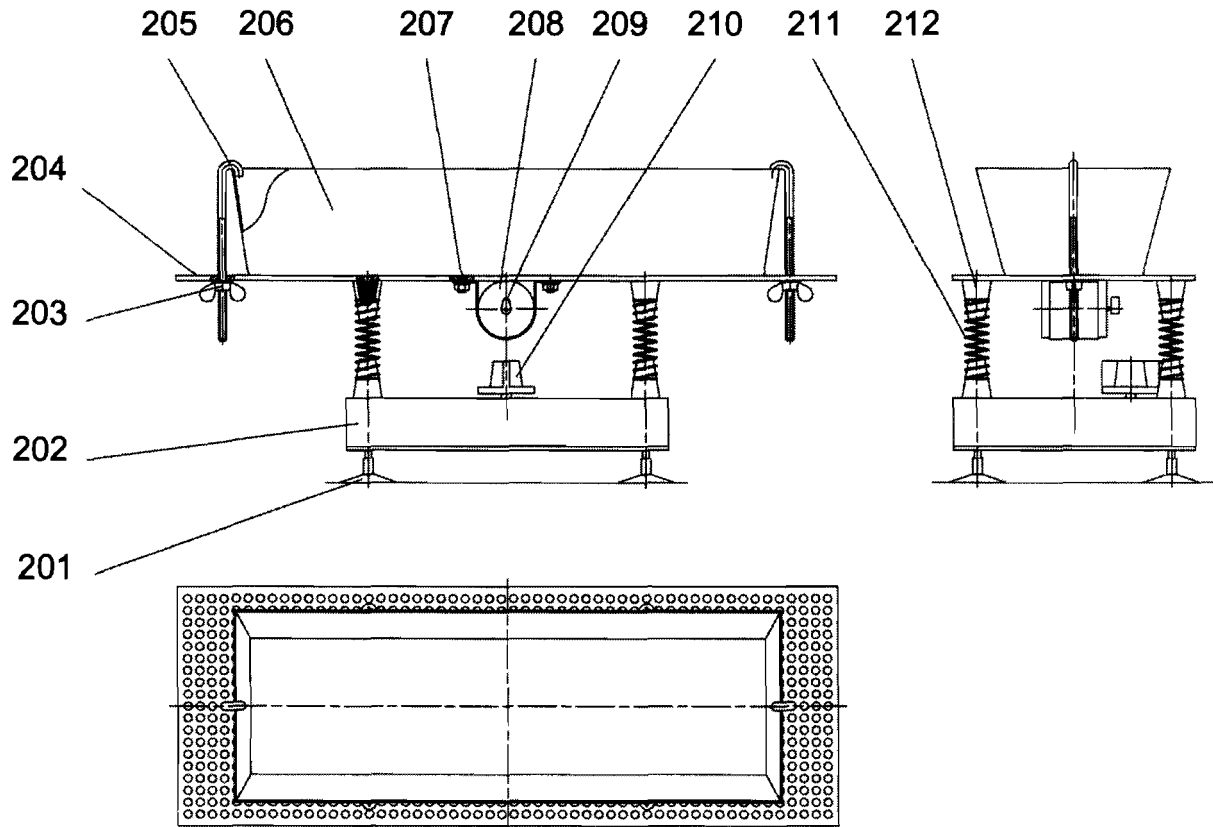


Fig. 2. Dispozitiv vibrator

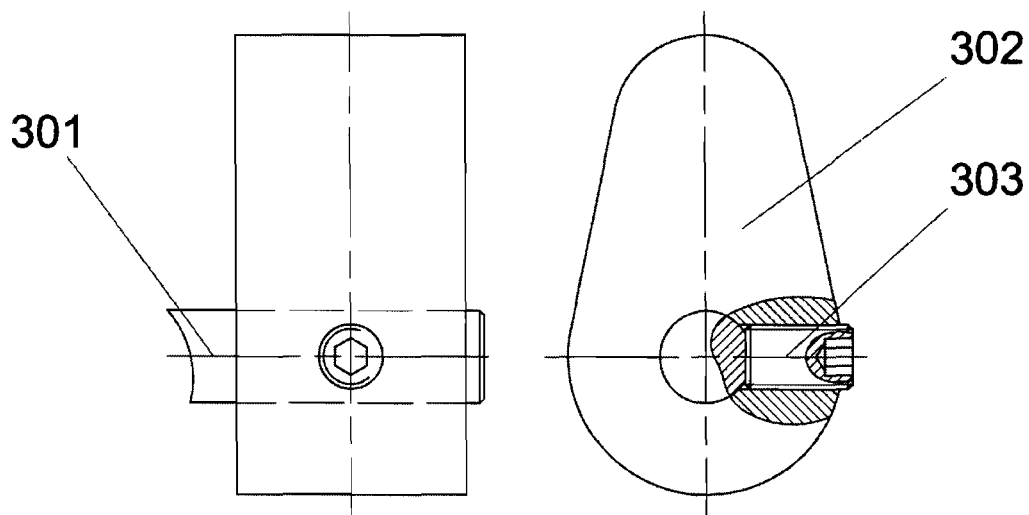
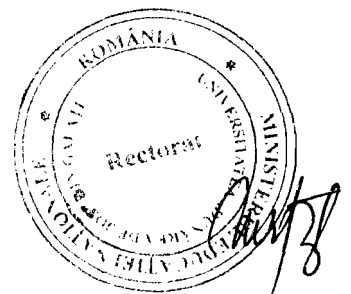


Fig. 3. Fixarea excentricului pe axul motorului



Descrierea invenției

Metodă și instalație pentru decontaminarea produselor alimentare granulare cu lumină ultravioletă

Invenția se referă la o metodă și o instalație pentru decontaminarea cu lumină ultravioletă a produselor alimentare granulare, și este aplicabilă în general în industria alimentară și în special la prelucrarea produselor alimentare granulare, de exemplu cerealele în industria morăritului sau condimentele boabe.

Lumina ultravioletă (UV) este o mică parte a undelor electromagnetice care traversează spațiul, de la raze gamma cu lungimi de undă mai mici de 10^{-5} nm, la unde radio cu lungimi de undă de un metru sau mai mari. Este parte componentă a radiației solare situată între razele X și lumina vizibilă și constă din unde electromagnetice cu frecvențe invizibile pentru oameni, dar vizibile pentru unele insecte, păsări și pești. Aceste frecvențe sunt mai mari decât cele pe care ochiul uman le percepe ca având culoarea violet astfel că sunt numite „ultraviolete”.

Lumina UV are lungimea de undă cuprinsă între 10 și 400 nm. În conformitate cu standardul pentru determinarea iradierii solare (ISO 21348-2007), acest domeniu este divizat în mai multe moduri. Majoritatea luminii UV este clasificată ca radiație neionizantă, doar porțiunea dintre 10 nm și 100 nm fiind considerată ionizantă (I-UV). Lungimile de undă ale luminii I-UV sunt absorbite de oxigen și alte gaze din aer, astfel că acestea au o traiectorie scurtă în atmosfera terestră. Totuși, lumina UV are unele dintre caracteristicile biologice ale radiației ionizate astfel că produce mai multe daune, prin încălzire, asupra multor sisteme biologice.

Lumina UV vacuum (V-UV) este denumită astfel întrucât este absorbită puternic de aer și de aproape toate substanțele. Domeniul de lungime de undă al luminii V-UV este situat între 10 nm și 200 nm, adică include lumina I-UV. Oxigenul este absorbantul principal al porțiunii cu lungimi de undă mari din această regiune, 150–200 nm.

Regiunea situată între 200 și 400 nm este împărțită în trei segmente, UV-A, UV-B și UV-C, în funcție de efectele biologice pe care le provoacă lumina UV. Segmentul UV-A conține unde UV lungi (315–400 nm) care produc bronzarea pielii. Segmentul UV-B conține unde UV medii (280–315 nm) care pot produce arsuri ale pielii. O fracțiune mică din acest segment (295–297 nm) este responsabilă de formarea vitaminei D în toate organismele care sintetizează această vitamină, inclusiv oamenii. Segmentul UV-C conține unde UV scurte (200–280 nm) care au efect germicid, fiind capabile să distrugă sau să inactiveze bacterii, virusuri și fungi. Lumina UV-C este absorbită aproape complet după ce pătrunde în aer, în câteva sute de metri astfel că nu este observată aproape niciodată în natură. Atunci când fotonii UV-C se ciocnesc cu atomii de oxigen, schimbul de energie produce formarea ozonului. Prin urmare, atmosfera terestră acționează ca un mediu de filtrare a luminii UV, doar 3% din energia totală a soarelui la zenit fiind dată de lumina UV, această fracție scăzând la alte unghiuri ale poziției soarelui (ISO 21348-2007; Koutchma et al., 2009, p. 9). Prin urmare, lumina UV are efecte variate asupra oamenilor, atât benefice, cât și dăunătoare.

Datorită efectului germicid, lumina UV-C produsă artificial este utilizată pentru decontaminarea suprafețelor, a aerului din încăperi, a ustensilelor medicale, a apei potabile și reziduale etc. prin inactivarea sau distrugerea microorganismelor (bacterii, drojdii, spori de mucegai), virusurilor, protozoarelor, viermilor și a altor materiale biologice similare (Kowalski, 2009, p. 7-9).

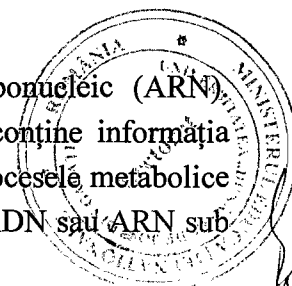
În industria alimentară, lumina UV-C este utilizată pentru decontaminarea suprafeței utilajelor ca adaos la practicile bune de curățare și igienizare uzuale și pentru decontaminarea suprafeței ambalajelor, accesoriilor de ambalaj și materialelor de ambalaj precum cutii, capace, butelii, cartoane, tuburi, folii și filme. Deși este eficientă pentru decontaminarea suprafețelor netede, lumina UV-C are relativ puține aplicații la decontaminarea alimentelor. Gama redusă de instalații disponibile comercial pentru decontaminarea materialelor solide contribuie la limitarea utilizării luminii UV (Koutchma et al., 2009, p. 9).

Lumina UV este letală pentru majoritatea tipurilor de microorganisme din aer, apă sau de pe suprafețe tari. Inactivarea celulelor se bazează pe deteriorarea acizilor nucleici și a unor proteine prin modificări fotochimice sub acțiunea luminii UV.

Inactivarea începe cu absorbția fotonilor UV în celula microorganismului. Pe măsură ce lumina UV cu 200–300 nm pătrunde într-un microorganism, este absorbită de diferite componente ale celulei, însă numai proteinele și nucleotidele componente ale ADN și ARN absorb o cantitate semnificativă de lumină UV în acest domeniu de lungimi de undă. Proteinele absorb cea mai mare parte a luminii UV sub 230 nm, iar peste această valoare absorbția este dominată de nucleotide. Aminoacizii care absorb semnificativ peste 210 nm sunt cei aromatici (triptofan, fenilalanină și tirozină), cu un pic mic de absorbție la 280 nm datorat în special triptofanului. Apa absoarbe puternic lumina UV sub 230 nm astfel că aceste lungimi de undă nu sunt disponibile pentru inactivarea microorganismelor (Bolton & Cotton, 2008, p. 25).

Întrucât lungimea căii optice într-o celulă este foarte mică ($< 1 \mu\text{m}$), mai puțin de 5 % (de obicei $< 1-2 \%$) din lumina incidentă pe un microorganism este absorbită. În aceste condiții, moleculele absorbante se comportă independent. Astfel, deși proteinele din straturile exterioare ale membranei celulare pot absorbi lumina UV, sunt necesare doze foarte mari de lumină UV pentru ruperea legăturilor din lanțurile de aminoacizi care să ducă la ruperea membranei și, în final, la moartea celulei ca urmare a scurgerii protoplasmei. Prin urmare, proteinele din straturile exterioare ale membranei celulare nu pot acționa ca un filtru pentru a proteja nucleul din interiorul celulei față de lumina UV. În schimb, la doze mai mici ale luminii UV, absorbția fotonilor UV de către ADN (sau ARN în unele virusuri) poate întrerupe capacitatea celulei de a se reproduce. În consecință, aproape toată inactivarea produsă de lumina UV rezultă din absorbția acesteia în nucleotide (Bolton & Cotton, 2008, p. 25-26).

Acizii nucleici sunt acidul dezoxiribonucleic (ADN) și acidul ribonucleic (ARN). Nucleul majorității celulelor este alcătuit din ADN dublu elicoidal. ADN conține informația necesară pentru sinteza ARN ribozomal, de transfer și mesager implicați în procesele metabolice de sinteză din celulă. Materialul genetic al virusurilor și bacteriofagilor este ADN sau ARN sub formă elicoidală simplă sau dublă (Koutchma et al., 2009, p. 69).



Acizii nucleici sunt macromolecule cu catenă lungă alcătuite din secvențe de nucleotide. Fiecare nucleotidă conține o grupare pentoza-fosfat (pentoza este riboza în ARN și dezoxiriboza în ADN) și o bază azotată. Bazele azotate sunt de două tipuri: purine și pirimidine. Bazele purinice sunt aceleași în ADN și ARN (adenina și guanina). Pirimidinele sunt diferite: timina și citozina în ADN, respectiv uracilul și citozina în ARN. Adenina formează pereche cu tiamina în ADN și cu uracilul în ARN, în timp ce guanina formează pereche cu citozina în ambii acizi nucleici (Segal, 2006).

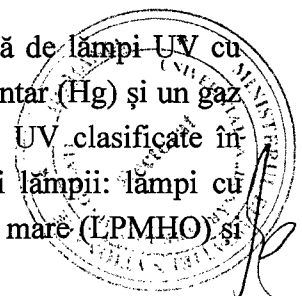
Acizii nucleici absorb lumina UV cu lungimi de undă cuprinse între 200 și 310 nm. Lumina UV absorbită provoacă ruperea unor legături și formarea dimerilor pirimidinei care sunt legați între perechile adiacente de timină sau citozină în același lanț ADN sau ARN. Acești dimeri alterează structura elicoidală și previn replicarea celulelor astfel că microorganismele devin inactive și incapabile de reproducere (Koutchma et al., 2009, p. 70).

Toate nucleotidele din ADN și ARN absorb lumina UV în domeniul 200–300 nm, însă dintre cele patru nucleotide esențiale din ADN doar timina suferă o reacție fotochimică unică, în urma absorbției unui foton UV formându-se o legătură chimică între două timine cu obținerea unui dimer de timină. Formarea dimerilor de timină (și a altor dimeri asemănători) perturbă structura ADN-ului, astfel încât, dacă se formează un număr critic de dimeri, ADN-ul este deteriorat și nu se mai poate replica. Deteriorarea ADN-ului blochează transcripția și replicarea informației genetice astfel că microorganismul în cauză nu mai este capabil să se reproducă. Aceasta previne infecția întrucât celulele care nu se pot reproduce nu pot provoca infecție. Fără capacitatea de reproducere, cuplată cu durata scurtă de viață a majorității microorganismelor, mărimea populației din materialul tratat cu lumină UV-C se va reduce rapid. Prin urmare, deteriorarea ADN-ului reprezintă mecanismul fundamental al dezinfecției cu lumină UV (Bolton & Cotton, 2008, p. 27; Rosenthal, 2000).

Doza de lumină UV-C necesară pentru inactivarea bacteriilor în formă vegetativă, de exemplu *Campylobacter jejuni*, *Clostridium perfringens*, *Enterobacter cloacae*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Mycobacterium tuberculosis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhimurium*, *Staphylococcus aureus*, *Vibrio cholerae*, *Yersinia enterocolitica* etc. are valori mai mici de 25 mJ/cm². Pentru bacteriile sporulate, doza de lumină UV-C este mai mare, de exemplu cel puțin 60 mJ/cm² pentru spori de *Bacillus subtilis* sau 80 mJ/cm² pentru spori de *Bacillus anthracis* (Bolton & Cotton, 2008, p. 35–36; Koutchma et al., 2009, p. 73–75).

Lumina UV-C are eficacitate germicidă maximă la lungimi de undă de aproximativ 260–265 nm. Acest maxim coincide cu maximul absorbției luminii UV de către nucleotidele ADN-ului microroganismelor. Eficacitatea germicidă a luminii UV-C variază între specii (Kowalski, 2009, p. 17).

Lumina UV-C artificială utilizată pentru decontaminare este furnizată de lămpi UV cu mercur care conțin, în majoritatea cazurilor, o cantitate mică de mercur elementar (Hg) și un gaz inert, de exemplu argon (Ar). În general, se utilizează trei tipuri de lămpi UV clasificate în funcție de presiunea parțială de vapori a mercurului în timpul funcționării lămpii: lămpi cu mercur de presiune joasă (LPM), lămpi cu mercur de presiune joasă și putere mare (LPMHO) și



lămpi cu mercur de presiune medie (MPM). Lămpile LPM și MPM sunt utilizate la tratarea apei de peste 60 de ani (Koutchma et al., 2009, p. 33).

Lămpile LPM emit lumină UV-C cu lungimea de undă maximă 253,7 nm (254 nm) care reprezintă circa 85 % din intensitatea UV total emisă și este legată în mod direct de efectul germicid întrucât este foarte aproape de maximum de absorbție al luminii UV-C de către nucleotidele din ADN (Koutchma et al., 2009, p. 37).

Lumina UV acționează la suprafața materialelor supuse tratamentului. Excepție fac lichidele, în care lumina UV poate pătrunde până la o adâncime de 1-2 mm în cele opace și de maximum 9-10 mm în apă limpede. Prin urmare, în cazul produselor alimentare, cu excepția celor lichide, lumina UV acționează de obicei la suprafață astfel că vor fi decontaminate doar microorganismele de pe suprafața la care ajunge lumina UV.

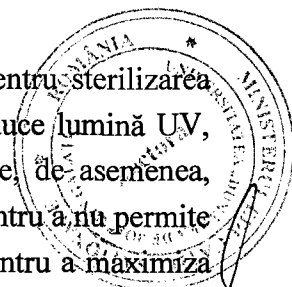
Între suprafața produselor și microorganismele prezente pe aceasta pot apărea interacțiuni complexe, de exemplu efecte de ecranare față de lumina UV incidentă cauzate de neregularitatea suprafeței (fisuri, crăpături, rugozitate, forme neregulate etc.). Prin urmare, eficacitatea tratamentului cu lumină UV depinde de structura și topografia suprafeței și este cu atât mai mare cu cât suprafața produsului tratat este mai netedă și mai regulată, respectiv lumina UV ajunge pe toată suprafața produsului (Koutchma et al., 2009, p. 9).

Există mai multe brevete care descriu instalații de tratare cu lumină UV utilizate pentru gaze, încăperi, suprafețe, apă potabilă, ape reziduale, ustensile medicale, produse alimentare diverse. În continuare sunt discutate câteva dintre brevetele existente.

US 6150663 prezintă un aparat de decontaminare a produselor alimentare și băuturilor proaspete utilizând mai multe etape de expunere la diferite lungimi de undă ale luminii UV și infraroșii. Aparatul are trei configurații de bază cu platforme de expunere speciale pentru categorii variate de produse alimentare: „solide” (fructe și legume proaspete tăiate, fructe cu sâmburi, fructe de pădure, carne), „fluide” sau vâscoase (compoziție pentru prepaprate din carne tocată – hamburgeri, cârnați etc., sosuri, siropuri și concentrate) și „lichide” (apă, sucuri și băuturi).

Platforma de expunere pentru alimentele „solide” permite tratarea în trei etape: a) fotoreglarea alimentelor realizată cu două lămpi cu xenon; b) inactivarea microorganismelor patogene realizată cu diferite aranjamente de până la 14 lămpi LPMHO răcite cu aer și c) fotoreactivarea prin expunere la o sursă policromatică apropiată de infraroșu pentru refacerea proprietăților organoleptice afectate posibil în etapa anterioară (Rosenthal, 2000). Celelalte două platforme nu prezintă interes într-o discuție referitoare la un tratament posibil al produselor alimentare granulare.

În US 6461568 B1 sunt prezentate o metodă și un aparat portabil pentru sterilizarea obiectelor mici cu pulsuri de lumină asigurate de o lampă cu xenon care produce lumină UV, lumină vizibilă și unde infraroșii în domeniul 160–2000 nm. Sunt prezentate, de asemenea, variante în care lampa xenon este introdusă într-o carcasă din sticlă obișnuită pentru a nu permite trecerea luminii UV cu lungimi de undă sub 380 nm sau din sticlă de cuarț pentru a maximiza



transmiterea luminii UV. Lumina emisă de lampa xenon în domeniul de lungimi de undă 380–2000 nm asigură energie pentru încălzirea instantanee a suprafeței obiectului care trebuie sterilizat fără a încălzi interiorul obiectului. Se obține o sterilizare mai eficientă într-un timp scurt și se utilizează mult mai puțină energie decât este necesară pentru încălzirea integrală a obiectului. De asemenea, metoda are un efect scăzut asupra integrității structurale a obiectului, evitându-se modificări nedorite cum ar fi cele provocate de topirea plasticului.

Această tehnică poate fi utilizată pentru a steriliza obiecte mici precum o suzetă sau un biberon cu o putere totală de 1–20 J folosind o lampă cu xenon care emite lumină UV sub formă de pulsuri în domeniul de lungimi de undă 160–380 nm. Alternativ, poate fi utilizată o lampă care emite continuu lumină UV în același domeniu, 160–380 nm (Eckhardt, 2002).

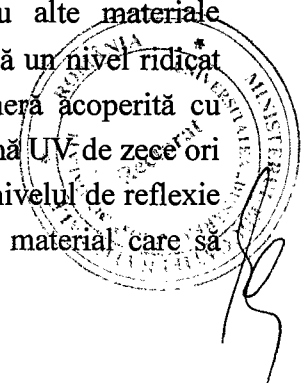
Existența unei singure lămpi care produce și lumină UV și dispunerea obiectelor supuse tratamentului într-un strat necesită întoarcerea lor pentru a fi expuse pe toate fețele la acțiunea luminii UV. Acest lucru este posibil pentru obiecte de dimensiuni reduse, cu forme regulate, însă este foarte dificil, aproape imposibil, pentru produse granulare. Prin urmare, metoda și aparatul prezentate în US 6461568 B1 sunt nepotrivite pentru tratarea cu lumină UV a produselor alimentare granulare.

US 6670619 B2 prezintă un aparat pentru tratamentul rapid al unui obiect cu lumină UV la o lungime de undă UV selectată. Aparatul este alcătuit dintr-o carcasă cu o cameră interioară care conține mai multe surse de lumină UV, fiecare emițând la o anumită lungime de undă și una sau mai multe plăci de conversie care pot fi așezate între sursele de lumină și obiectul supus tratamentului astfel încât la acesta să ajungă o anumită lungime de undă (Waluszko, 2003). Acest aparat nu este potrivit pentru tratarea cu lumină UV a produselor alimentare granulare.

Aparatul pentru tratare cu lumină UV prezentat în US 7511281 B2 este alcătuit dintr-o cameră închisă, căptușită la interior cu un material care reflectă lumina UV, o lampă UV și un tub transparent prin care să pătrundă lumina UV la produsul fluid care circulă prin tub. Produsul supus tratamentului cu UV pentru sterilizare poate fi apă, aer, gaze utilizate în camere sterile, reactivi, componente ale sângelui (de exemplu hematii, leucocite, plasmă), băuturi pentru consum etc. (Cooper, 2009).

Ca material care reflectă lumina UV pot fi utilizate materiale diverse (SU 1010860), de exemplu materiale plastice în care se dispersează sulfat de bariu (1-3 %), silicat de sodiu (0,15-2,25 %) și apă (diferența) pentru a crește coeficientul de reflexie și a îmbunătăți rezistența la lumină UV a materialului (Guzov et al., 1997).

De asemenea, pot fi utilizate plăci de aluminiu lustruite sau aluminiu anodizat, politetrafluoroetilenă (PTFE), politetrafluoroetilenă expandată (ePTFE) sau alte materiale plastice. În orice formă ar fi, materialul care reflectă lumina UV trebuie să aibă un nivel ridicat de reflexie, preferabil cuprins în intervalul 90–100 %. De exemplu, o cameră acoperită cu material reflectorizant cu nivelul de reflexie de 99 % furnizează o doză de lumină UV de zece ori mai mare în comparație cu o cameră acoperită cu un material reflectorizant cu nivelul de reflexie de 90 %. Tubul prin care circulă fluidul trebuie să fie confecționat dintr-un material care să



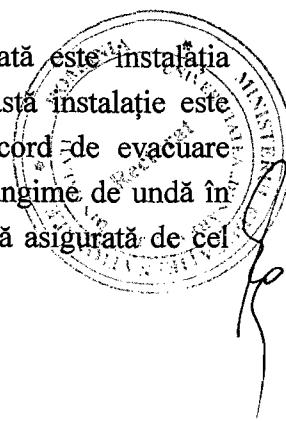
permiță trecerea luminii UV. Pentru a se obține o eficiență maximă a camerei de tratare, materialul din care este confecționat tubul trebuie să aibă coeficientul de transmisie de 100 %. Când un coeficient de transmisie de 100 % nu este posibil, se folosesc sticlă silicică foarte transparentă, safir și sticlă silicică cu fluorină care au, de obicei, un coeficient de transmisie mai mare de 80 % la lungimi de undă mai mici de 300 nm (Cooper, 2009).

Deși aparatul descris în **US 7511281 B2** este destinat în mod special tratării materialelor lichide și gazoase, se menționează că varianta prezentată poate fi ușor adaptată pentru tratarea materialelor solide cum ar fi particule în suspensie sau emulsie, alimente, instrumente chirurgicale și alte obiecte similare. Adaptarea poate fi realizată prin îndepărtarea tubului transparent la lumină UV, închiderea orificiilor de intrare și ieșire și introducerea unui recipient pentru poziționarea materialului solid în vederea tratării cu lumină UV. Varianta adaptată pentru tratarea cu UV a materialelor solide a aparatului descris în **US 7511281 B2** prezintă dezavantajul tratamentului în strat fix care nu permite luminii UV să ajungă pe fețele materialelor solide care nu sunt expuse direct la lumina UV produsă de sursă, acestea nefiind decontaminate.

Acest dezavantaj este soluționat în **RU 2234944** care se referă la aparate pentru dezinfectarea și sterilizarea obiectelor utilizate în medicină. Aparatul este alcătuit dintr-o cameră de lucru în care sunt montate lămpi care produc pulsuri de lumină UV, grătare pe care se așază obiectele supuse tratamentului și un dispozitiv de pulverizare a unei substanțe antiseptice. Suprafața interioară a pereților camerei este captușită cu un material care reflectă lumina UV. Lămpile sunt aranjate pe rânduri, între grătare, cel puțin câte două pe rând. Invenția prezintă o eficiență ridicată, permițând tratamentul cu pulsuri de lumină UV a întregii suprafețe a obiectelor supuse dezinfectării și sterilizării într-un timp redus și la o temperatură scăzută (Sinajskij et al., 2004).

Invenția este destinată dezinfectării și sterilizării ustensilelor medicale. Totuși, dacă se dorește utilizarea ei pentru alte produse, se constată că prezintă o serie de dezavantaje. Astfel, aparatul poate fi utilizat numai pentru tratarea unor obiecte cu anumite dimensiuni, medii și mari, tratamentul unor produse de dimensiuni mici, de exemplu materiale granulare, fiind inefficient din cauza acțiunii luminii UV numai în straturile superficiale, fără să ajungă la particulele din straturile centrale. De asemenea, grătarele trebuie să aibă ochiuri cu dimensiuni mai mici decât dimensiunile particulelor din stratul de material granular sau materialul granular trebuie așezat pe niște tăvi confecționate dintr-un material transparent la lumina UV. Dacă materialul granular ar fi așezat într-un singur strat, atunci particulele ar putea fi tratate pe aproape toată suprafața, însă eficiența tratamentului ar fi redusă întrucât s-ar trata cantități foarte mici de produs. În plus, substanțele antiseptice utilizate pentru ustensilele medicale nu pot fi utilizate pentru decontaminarea produselor alimentare.

Cea mai aproape din punct de vedere tehnic de invenția revendicată este instalația descrisă în **RU 2279806** destinată conservării semințelor comestibile. Această instalație este alcătuită dintr-un jgheab vibrator prevăzut cu racord de alimentare și racord de evacuare deasupra căruia sunt montate lămpi care produc pulsuri de lumină UV cu lungime de undă în domeniul 185–400 nm, cu durata unui puls de 1–10 ms și energia luminoasă asigurată de cel



puțin 100 kW/m². Jgheabul este prevăzut la partea inferioară cu o sursă de vibrații cu posibilitatea reglării frecvenței vibrațiilor și cu amortizoare (Arkhipov et al., 2006).

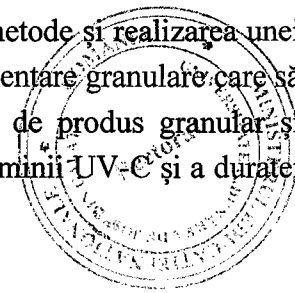
Dezavantajul principal al acestei invenții constă în lipsa posibilității de reglare a distanței dintre lămpile UV și produsul supus tratamentului pentru a permite stabilirea dozei de lumină UV la valorile necesare unui anumit tratament.

Efectul letal al luminii UV asupra microorganismelor depinde de cantitatea de lumină UV transmisă către produsul supus tratamentului. Aceasta se măsoară ca energie incidentă pe unitatea de suprafață normală pe fasciculul de unde UV. Termenii utilizați sunt fluență (sau doză de lumină UV) și viteza fluenței. Fluența reprezintă cantitatea de energie radiantă absorbită pe o unitate de suprafață tratată și este exprimată în J/m² sau mJ/cm². Viteza fluenței reprezintă puterea totală radiantă care provine din toate direcțiile pe o sferă cu o arie a secțiunii transversale infinitezimală (sau fluența raportată la durata de expunere la UV) și este exprimată în W/m² sau mW/cm². Pentru determinarea fluenței sau dozei de lumină UV aplicate produsului trebuie măsurată viteza fluenței și înmulțită cu timpul de expunere la lumină UV. Viteza fluenței trebuie determinată întotdeauna exact în locul în care a fost expus produsul, respectiv microorganismul care trebuie inactivat (Koutchma et al., 2009, p. 7).

Legea descreșterii intensității luminii cu mărirea distanței până la sursa de lumină se aplică și luminii UV. Rezultă că distanța dintre lampa UV și suprafața produsului tratat are o influență semnificativă asupra eficacității inactivării microorganismelor de pe suprafața produsului tratat cu lumină UV. Prin modificarea distanței dintre lampa UV și produs este posibilă mărirea sau micșorarea fluenței luminii UV, respectiv a dozei de lumină UV absorbită de microorganisme. Aceasta asigură flexibilitatea instalației, permițând realizarea inactivării diferitelor tipuri de microorganisme la aceeași putere a lămpii UV. De exemplu, pentru inactivarea bacteriilor în formă sporulată distanța între lampă și produs trebuie să fie destul de mică deoarece aceste bacterii necesită o doză de iradiere mai mare decât cele în formă vegetativă. În funcție de scopul utilizării (decontaminarea produsului contaminat cu bacterii sporulate sau în formă vegetativă) este posibilă alegerea regimului potrivit pentru o decontaminare cât mai eficientă, respectiv valori optime pentru distanța dintre lampă și produs și durata tratamentului.

Variația fluenței luminii UV prin modificarea poziției lămpilor influențează productivitatea instalației. Astfel, la o distanță mai mică între lampa UV și produs, durata de expunere a produsului pentru a se produce aceleași efecte ireversibile în microorganisme va fi mai mică. Aceste constatări pot fi aplicate pentru optimizarea procesului.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția este stabilirea unei metode și realizarea unei instalații de tratare cu lumină UV-C (cu efect germicid) a produselor alimentare granulare care să permită expunerea la lumină UV-C a întregii suprafețe a particulelor de produs granular și utilizarea unor regimuri de tratament diferite prin modificarea fluenței luminii UV-C și a duratei tratamentului.



Instalația de tratare cu lumină UV-C, conform invenției, elimină dezavantajele menționate mai sus prin introducerea în camera de lucru a unui dispozitiv oscilant-vibrator care determină mișcarea particulelor de produs granular pe toată durata tratamentului și expunerea întregii lor suprafețe la acțiunea luminii UV-C, respectiv prin montarea lămpilor UV-C pe tije filetate a căror poziție poate fi reglată pentru a modifica distanța dintre lămpile UV-C și produs. Instalația permite decontaminarea produsului granular într-un regim optim, în funcție de gradul de contaminare și tipul microorganismelor care trebuie inactivate.

Instalația pentru decontaminarea produselor alimentare granulare cu lumină UV (**fig. 1**) este prevăzută cu camera **106** de lucru așezată pe suporturile **101** care permit reglarea poziției instalației pe orizontală. Pereții interiori ai camerei **106** de lucru sunt acoperiți cu un material care reflectă lumina UV. Ușa **112** care permite accesul la interior este fixată pe peretele din față al camerei **106** de lucru prin intermediul balamalei **111** și este prevăzută cu mânerul **113**. În peretele orizontal de la partea superioară sunt prevăzute două orificii în care sunt montate cele două tije **107** filetate, fixate în anumite poziții cu piulițele-fluture **108**. La capătul inferior al tijelor **107** filetate este fixată placa **104** metalică cu ajutorul piulițelor **105**. În placa **104** metalică este fixat, prin sistemul **109** de prindere șurub-șaiță-piuliță, ansamblul care conține lămpile UV-C alcătuit din carcasa **103** și două lămpi **110** UV-C. Pentru tratamentul cu lumină UV-C în această intralație pot fi utilizate ambele lămpi UV-C sau una singură. Sub lămpile UV-C este așezat dispozitivul **102** oscilant-vibrator prevăzut cu piciorușe **201** de susținere îmbrăcate în suporturi din silicon care se lipesc pe partea interioară a peretelui orizontal inferior al camerei **106** de lucru și permit amplasarea într-o anumită poziție a dispozitivului.

Dispozitivul oscilant-vibrator (**fig. 2**) este alcătuit din corpul **202** care adăpostește sistemul electric al dispozitivului, placa **204** perforată, recipientul **206**, motorul **208** electric, sistemul de fixare a plăcii perforate compus din conurile **212** din cauciuc și arcurile **211**, cârligele **205** și sistemul **207** de fixare tip șurub-șaiță-piuliță a motorului **208** electric. Între corpul **202** și placa **204** perforată sunt fixate cu șuruburi patru perechi de conuri **212** din cauciuc, câte una pe corpul **202** și una sub placa **204** perforată. Conurile pereche sunt îmbrăcate în câte un arc **211**. Cele patru ansambluri identice rezultate, con **212** din cauciuc – arc **211** – con **212** din cauciuc, sprijină partea mobilă a dispozitivului oscilant-vibrator și sunt răspunzătoare de mișcarea vibratoare transmisă particulelor de produs granular din recipientul **206** în timpul tratamentului cu lumină UV. Motorul **208** electric este fixat central, sub placa **204** perforată, prin sistemul **207** de fixare etanșă tip șurub-șaiță-piuliță. Recipientul **206** în care se introduce produsul granular supus tratamentului cu lumină UV-C este așezat pe placa **204** perforată și fixat cu cârligele **205** care sunt filetate la capătul care trece prin placa **204** perforată și sunt strânse cu piulițele-fluture **203**. Această construcție – perforația suprafeței vibratoare și sistemul de prindere a recipientului **206** cu cârligele **205** – permite utilizarea unui recipient **206** de capacitate și formă diferite în funcție de cantitatea de produs granular supusă tratamentului. Recipientul **206** este confecționat din aluminiu cu suprafață netedă sau alt material ușor și acoperit cu un strat de material care reflectă lumina UV. Suprafața interioară a fundului recipientului **206** este prevăzută cu alveole (adâncituri) ceea ce permite repartizarea uniformă a produsului pe întreaga suprafață. Corpul **202** este prevăzut cu rozeta **210** cu ajutorul căreia se schimbă turația motorului electric.

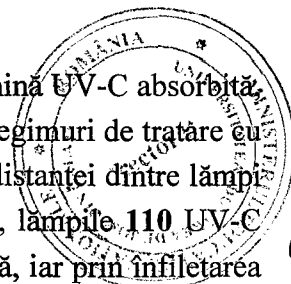
Conexiunea motorului **208** electric la sistemul electric adăpostit în corpul **202** este realizată prin fire flexibile (nu este arătată în desene).

Fig. 3 prezintă modul de fixare a excentricului **209** pe axul **301** al motorului **208** electric. Excentricul **209** este alcătuit din corpul **302** plin și șurubul **303** cu cap hexagonal pentru fixarea excentrică a corpului **302** plin pe axul **301** al motorului **208** electric astfel încât, atunci când motorul **208** electric funcționează, să determine mișcarea oscilantă a plăcii **204** perforate și a recipientului **206** care conține materialul granular supus tratamentului cu lumină UV.

Metoda de decontaminare a produselor alimentare granulare cu lumină UV, respectiv modul de funcționare a instalației prezentată anterior și care face obiectul invenției constă din următoarele etape:

- a) pregătirea instalației de decontaminare cu lumină UV care cuprinde deschiderea ușii **112** a camerei **106** de lucru, fixarea recipientului **206**, cu ajutorul cârligelor **205**, pe suprafața vibratoare reprezentată de placa **204** perforată, închiderea ușii **112** a camerei **106** de lucru, aprinderea lămpilor **110** UV-C pentru decontaminarea suprafețelor și a aerului din interiorul camerei **106** de lucru, apoi stingerea lămpilor **210** UV-C;
- b) pregătirea probei supusă tratamentului cu lumină UV pentru decontaminare care cuprinde deschiderea ușii **112** a camerei **106** de lucru, introducerea probei de produs granular în recipientul **206**, pornirea motorului **208** electric, stabilirea poziției rozetei **210** în funcție de valoarea turației de lucru și închiderea ușii **112** a camerei **106** de lucru;
- c) realizarea tratamentului produsului cu lumină UV care cuprinde aprinderea lămpilor **110** UV-C și expunerea la lumină UV, pentru o durată de timp stabilită, a particulelor care alcătuiesc masa produsului, ca urmare a mișcării oscilant-vibratoare a plăcii **204** perforate. Astfel, rotația axului **301** al motorului **208** electric se transmite excentricului **209** fixat pe axul **301** ceea ce determină mișcarea oscilantă a plăcii **204** perforate. În același timp, sprijinirea plăcii **204** perforate pe cele patru ansambluri con **212** din cauciuc – arc **211** – con **212** din cauciuc determină mișcarea vibratoare a plăcii **204** perforate și a recipientului **106**. Produsul granular trece repede din starea de „strat fix” în starea de „strat vibrofluidizat”, poziția particulelor de produs față de sursa de lumină UV se modifică încontinuu și se realizează expunerea la lumină UV a întregii suprafețe a particulelor, astfel că decontaminarea suprafeței produsului este foarte eficientă.
- d) întreruperea tratamentului cu lumină UV după scurgerea duratei de timp stabilite care cuprinde oprirea motorului **208** electric, stingerea lămpilor **110** UV-C, deschiderea ușii **112** a camerei **106** de lucru, defiletarea piulițelor-fluture **203** pentru înlăturarea cârligelor **205** și evacuarea din camera **106** de lucru a recipientului **206** cu produsul granular tratat cu lumină UV.

Întrucât inactivarea microorganismelor este în funcție de doza de lumină UV-C absorbită, care depinde, la rândul său, de fluentă și durata tratamentului, se pot stabili regimuri de tratare cu lumină UV-C variate prin modificarea poziției lămpilor UV-C, respectiv a distanței dintre lămpi și probă. Astfel, prin defiletarea piulițelor-fluture **108** pe tijele **107** filetate, lămpile **110** UV-C coboară către recipientul **206** cu produs granular, deci distanța se micșorează, iar prin înfiletarea



piulițelor-flutur 108 pe tijele 107 filetate, lămpile 110 UV-C se înalță, depărtându-se de recipientul 206 cu produs granular, deci distanța se mărește. Durata tratamentului se stabilește prin alegerea momentului opririi tratamentului cu lumină UV. De asemenea, prin modificarea turației motorului 208 electric cu ajutorul rozetei 210 de pe corpul 202 al dispozitivului oscilant-vibrator se reglează amplitudinea și frecvența oscilațiilor sistemului oscilant-vibrator. Toate acestea permit stabilirea regimului de lucru potrivit pentru diferite tipuri de produse granulare care se deosebesc prin masa, dimensiunile și forma particulelor, respectiv în funcție de numărul inițial de microorganisme de pe suprafața produselor supuse tratamentului și tipul acestora (microorganisme forme vegetative sau sporulate).

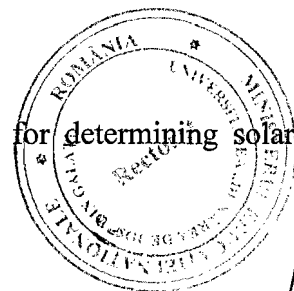
Instalația, conform invenției, a fost proiectată, construită și testată utilizând ca material granular boabe de grâu (*Triticum aestivum*) care au fost supuse tratamentului cu lumină UV-C timp de 5–25 minute, distanțe de 5–15 cm între lămpile UV-C și produs și diferite turații ale motorului electric al dispozitivului oscilant-vibrator. Numărul total de microorganisme, numărul de fungi (drojdii și mucegaiuri) și numărul de bacterii sporulate aerobe mezofile de pe suprafața boabelor de grâu a fost redus, față de proba martor, cu 1,51-log ufc/g, 1,87-log ufc/g, respectiv 1,45-log ufc/g după 15 minute de expunere la lumină UV-C, durată considerată optimă pentru distanța de 10 cm între lămpile UV-C și produs. În continuare, grâul tratat a fost măcinat pentru a se obține făină integrală din care, după perioada corespunzătoare de minimum 14 zile necesară pentru maturare, s-au efectuat probe de cocere. Pâinea obținută a fost analizată și s-a constatat că nu mai apar semne de apariție a bolii întinderii, provocată de bacterii aerobe mezofile precum *Bacillus subtilis* sp. *mezentericus*, nici după 72 ore, spre deosebire de proba martor, pâine obținută din făină din grâu netratat la care primele semne ale bolii au apărut după 48 ore. Prin urmare, tratamentul boabelor de grâu cu lumină UV-C prin metoda și în instalația care fac obiectul invenției în vederea decontaminării este eficient.

Metoda și instalația, conform invenției, prezintă următoarele avantaje:

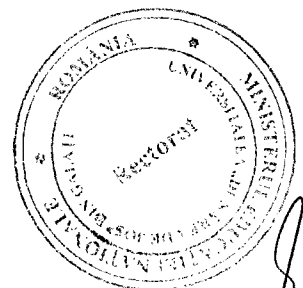
- asigură expunerea întregii suprafețe a particulelor de produs granular prin antrenarea și menținerea acestora într-un strat „vibrofluidizat” pe toată durata tratamentului;
- asigură modificarea turației motorului electric al dispozitivului oscilant-vibrator ceea ce permite adaptarea metodei de tratare cu lumină UV-C pentru diferite produse alimentare granulare care se deosebesc prin masa, mărimea și forma particulelor;
- asigură reglarea distanței dintre lămpile UV-C și produsul supus tratamentului prin modificarea poziției lămpilor, permițând astfel modificarea fluenței luminii UV-C;
- permite stabilirea unui regim optim pentru decontaminarea produselor granulare în funcție de gradul de încărcare cu microorganisme și tipul microorganismelor care trebuie inactivate.

Referințe bibliografice

ISO 21348:2007. Space environment (natural and artificial) – Process for determining solar irradiances



- Koutchma T.N., Forney L.J. & Moraru C.I. 2009. *Ultraviolet light in food technology: Principles and Applications*. CRC Press / Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL, USA.
- Kowalski W. 2009. *Ultraviolet germicidal irradiation handbook: UVGI for air and surface disinfection*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Bolton J.R. & Cotton C.A. 2008. *The ultraviolet disinfection handbook*. American Water Works Association, Denver, CO.
- Segal R. 2006. *Biochimia produselor alimentare*. Editura Academica, Galați.
- Rosenthal R.A. 2000. Food sanitizing apparatus. US 6150663.
- Eckhardt R.A. 2002. Method and apparatus for sterilizing small objects. Patent no. US 6461568 B1.
- Waluszko A. 2003. Transilluminator. Patent no. US 6670619 B2.
- Cooper J.R. 2009. Ultraviolet light treatment chamber. Patent no. US 7511281 B2.
- Guzov I.P., Punin V.T. & Khudikov N.M. 1997. Coating composition reflecting ultraviolet light. Patent no. SU1010860.
- Sinajskij V.V., Silujanov V.V., Radchenko E.K. & Kirjukhina T.A. 2004. Apparatus for disinfecting and sterilizing of objects. Patent no. RU 2234944.
- Arkhipov V.P., Bazikov V.I., Kamrukov A.S., Kozlov N.P., Krylov A.I., Shashkovskij S.G.E. & Jalovik M.S. 2006. Method and device for disinfecting loose material. Patent nr. RU 2279806.



[Handwritten signature]

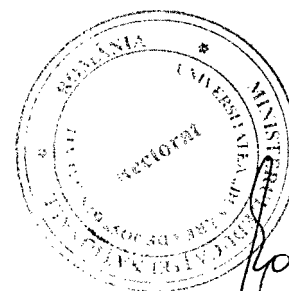
Revendicări

Metodă și instalație pentru decontaminarea produselor alimentare granulare cu lumină ultravioletă

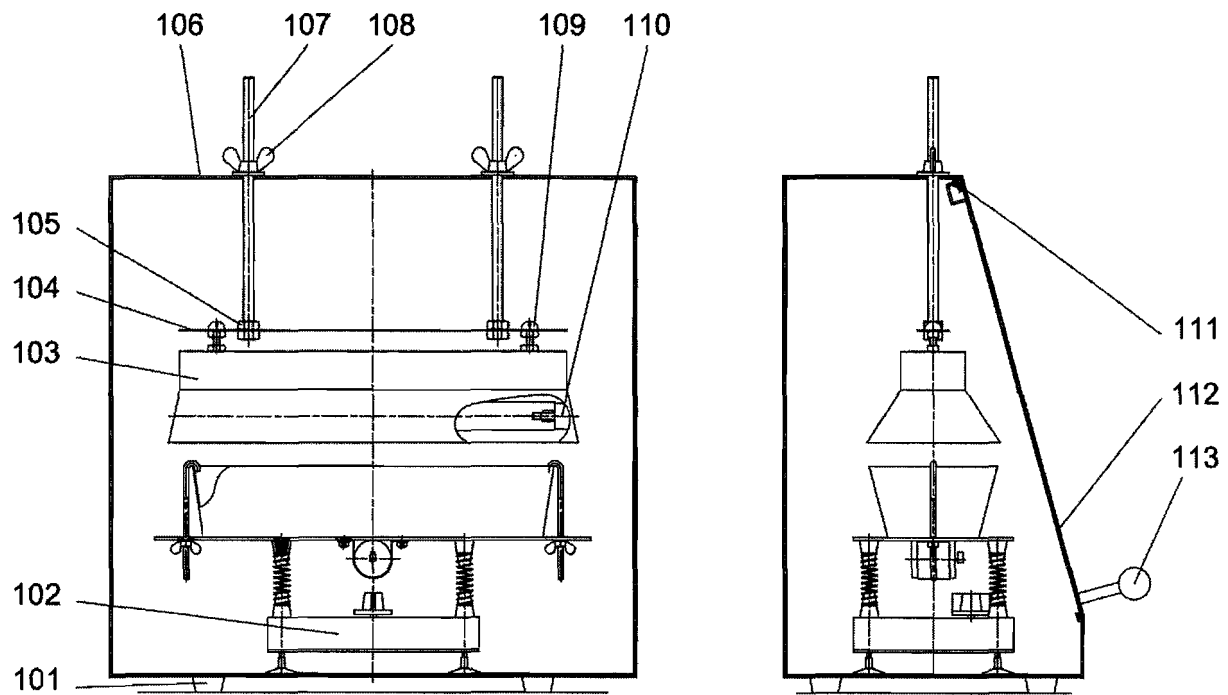
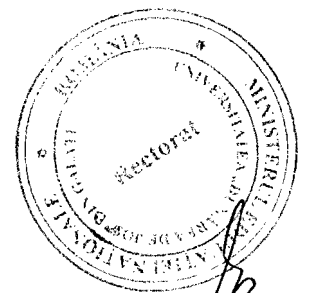
1. Metodă de decontaminare a produselor alimentare granulare cu lumină ultravioletă (UV), **caracterizată prin aceea că**, are următoarele etape: a) pregătirea instalației de decontaminare cu lumină UV prin fixarea recipientului (206) pe suprafața vibratoare care constă din placa (204) perforată, aprinderea lămpilor (110) UV-C pentru decontaminarea suprafețelor și a aerului din interiorul camerei (106) de lucru, apoi stingerea lămpilor (210) UV-C, b) pregătirea probei supusă tratamentului cu lumină UV pentru decontaminare prin deschiderea ușii (112), introducerea probei de produs granular în recipientul (206), pornirea motorului (208) electric, stabilirea poziției rozetei (210) în funcție de valoarea turației de lucru și închiderea ușii (112) camerei (106) de lucru, c) realizarea tratamentului produsului cu lumină UV prin aprinderea lămpilor (110) UV-C și expunerea la lumină UV, pentru o durată de timp stabilită, a întregii suprafețe a particulelor care alcătuiesc masa produsului, prin modificarea continuă a poziției particulelor de produs față de sursa de lumină UV ca urmare a mișcării oscilante a plăcii (204) perforate produsă de excentricul (209) fixat pe axul motorului (208) electric aflat în funcțiune și a mișcării vibratoare a plăcii (204) perforate, determinată de sprijinirea acesteia pe cele patru ansambluri con (212) din cauciuc – arc (211) – con (212) din cauciuc și d) întreruperea tratamentului cu lumină UV prin oprirea motorului (208) electric, stingerea lămpilor (110) UV-C, deschiderea ușii (112) camerei (106) de lucru, defilețarea piulițelor-fluturi (203) pentru înlăturarea cârligelor (205) și evacuarea din camera (106) de lucru a recipientului (206) cu produsul granular tratat cu lumină UV.
2. Instalație de decontaminare cu lumină UV, **caracterizată prin aceea că** este alcătuită dintr-o cameră (106) de lucru ai cărei pereți interiori sunt acoperiți cu un material care reflectă lumina UV, un dispozitiv oscilant-vibrator (102) și două lămpi (110) UV-C montate în carcasa (103) și fixate, prin placa (104) metalică, la capătul a două tije (107) filetate montate în partea superioară a camerei (106) de lucru și a căror poziție poate fi modificată cu ajutorul piulițelor-fluturi (108) pentru variația distanței dintre lămpi și probă, respectiv variația dozei de lumină UV care este absorbită de microorganisme și stabilirea unui regim optim în funcție de gradul de contaminare și tipul microorganismelor care trebuie inactivate.



3. Instalație de decontaminare cu lumină UV, conform revendicării 2, **caracterizată prin aceea că** dispozitivul oscilant-vibrator este alcătuit dintr-un corp (202) care adăpostește sistemul electric, piciorușe (201) de susținere îmbrăcate în suporturi din silicon care permit amplasarea corpului (202) în poziția necesară, o placă (204) perforată pe care se așază recipientul (206) pentru produs, fixat cu ajutorul unor cârlige (205), filetate la capătul care trece prin placa (204) perforată pentru a fi prinse cu piulițele-fluturi (203), un ansamblu de patru perechi de conuri (212) de cauciuc îmbrăcate cu arcurile (211) pentru a susține placa (204) perforată și a permite mișcarea oscilant-vibratoare, un motor (208) electric fixat central, sub placa (204) perforată prin sistemul (207) de fixare etanșă tip șurub-șaiță-piuliță și pe al cărui ax (301) este montat un excentric (209) și o rozetă (210) cu care se reglează turația motorului și prin aceasta amplitudinea și frecvența oscilațiilor sistemului vibrator, permițând stabilirea regimului de lucru potrivit pentru diferite tipuri de produse granulare care se deosebesc prin masa, dimensiunile și forma particulelor, respectiv în funcție de numărul inițial de microorganisme de pe suprafața produselor supuse tratamentului și tipul acestora (microorganisme forme vegetative sau sporulate).
4. Instalație de decontaminare cu lumină UV, conform revendicării 2, **caracterizată prin aceea că** excentricul (209) montat pe axul (301) al motorului (208) electric este alcătuit din corpul (302) plin și șurubul (303) cu cap hexagonal pentru fixarea excentrică a corpului (302) plin pe axul (301) al motorului (208) electric astfel încât, atunci când motorul (208) electric funcționează, să determine mișcarea oscilantă a plăcii (204) perforate și a recipientului (206) care conține materialul granular supus tratamentului cu lumină UV.



Desene

Metodă și instalație pentru decontaminarea produselor alimentare granulare cu lumină ultravioletă**Fig. 1.** Instalație pentru decontaminarea produselor alimentare granulare cu lumină UV

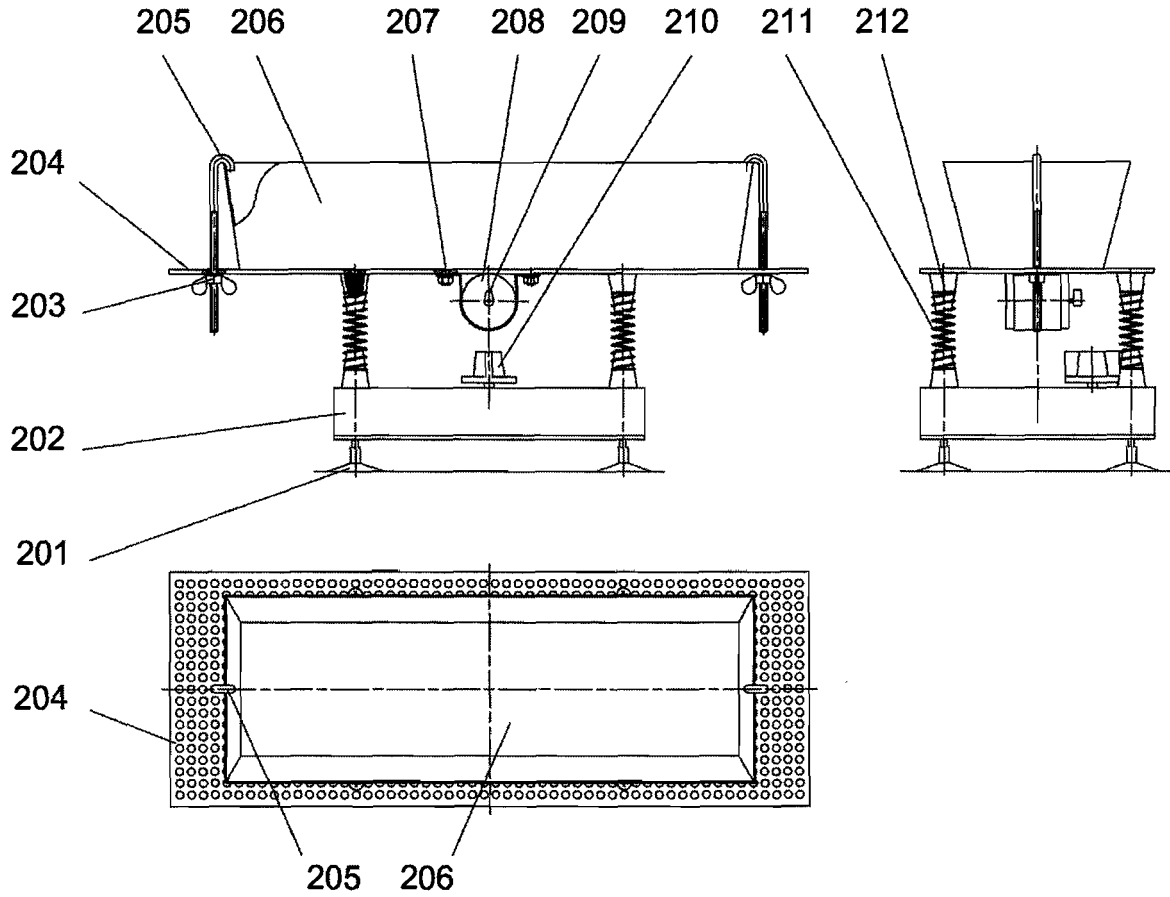


Fig. 2. Dispozitiv vibrator

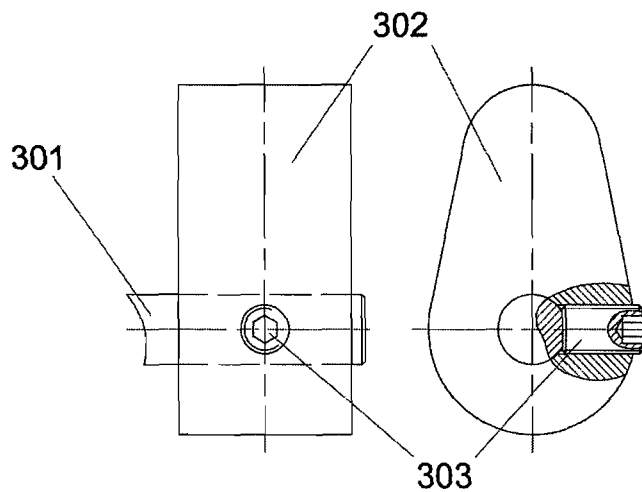


Fig. 3. Fixarea excentricului pe axul motorului

