

# **SZAKDOLGOZAT**

**Dely Ádám**

**2023**



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem**

**Gödöllői Campus**

**Műszaki intézet**

**Gépészmérnöki alapszak**

**Far-UV LED technológiájú emitter egység megvalósítása  
ipari/gyártósori célokra**

**Belső konzulens:** Dr. Korzenszky Péter Emőd  
egyetemi docens

**Belső konzulens  
intézete/tanszéke:** Műszaki Intézet  
Mezőgazdasági és  
Élelmiszeripari Gépek  
Tanszék

**Külső konzulens:** Dr. Élő Gábor  
ügyvezető LRG Kft.

**Készítette:** Dely Ádám

**Gödöllő**

**2023**

MŰSZAKI INTÉZET  
GÉPÉSZMÉRNÖKI ALAPSZAK  
Mérnökinformatika specializáció

**SZAKDOLGOZAT**

feladatlap

Dely Ádám (EWNWGI)

részére

A diplomadolgozat címe:

**Far-UV LED technológiájú emitter egység megvalósítása ipari/gyártósori célokra**

**Feladatkiírás:**

A szakdolgozat témája egy világszinten is újdonságnak számító, alapkutatási eredményeken alapuló, több kritikus technikai és társadalmi kérdéshez kapcsolódó csúcstechnológiai termék fejlesztéshez kapcsolódó berendezés vizsgálatáról és prototípusának megvalósításához szükséges egyik alkatrészének a megtervezése.

**Közreműködő tanszék:** Mezőgazdasági és Élelmiszeripari Gépek Tanszék

**Külső konzulens:** Dr. Élő Gábor (egyetemi docens), LRG Kft., 9028 Győr, Rozgonyi utca 2.

**Belső konzulens:** Dr. Korzenszky Péter Emőd habilitált egyetemi docens, MATE, Műszaki Intézet

**A dolgozat beadási határideje:** 2023 év 11 hó 06 nap

Kelt: 2023. év 10. hó 27. nap

Jóváhagyom

Átvettem

  
(tanszékvezető)

  
(szakfelelős)

Dely Ádám  
(hallgató)

A dolgozat készítőjének külső konzulense nyilatkozom arról, hogy a hallgató az előre egyeztetett konzultációkon megjelent.

Kelt: 2023. év 10. hó 27. nap



(külső konzulens)

# 1 Tartalomjegyzék

|       |                                                                       |    |
|-------|-----------------------------------------------------------------------|----|
| 2     | Bevezetés és célkitűzések.....                                        | 6  |
| 3     | Szakirodalmi áttekintés .....                                         | 9  |
| 3.1   | Sütőipari cég és tevékenységének bemutatása .....                     | 9  |
| 3.1.1 | Sütőipari technológia ismertetése .....                               | 9  |
| 3.1.2 | A sütőipari üzem bemutatása .....                                     | 12 |
| 3.2   | A HACCP-rendszer az élelmiszeriparban .....                           | 12 |
| 3.2.1 | A HACCP jelentése és fejlődése.....                                   | 12 |
| 3.2.2 | A HACCP-rendszer bevezetése és megvalósítása.....                     | 14 |
| 3.2.3 | A HACCP rendszer hét alapelve.....                                    | 14 |
| 3.3   | Az élelmiszeripari fertőtlenítés bemutatása és elemzése.....          | 16 |
| 3.3.1 | Aszeptikus gyártási technológia .....                                 | 16 |
| 3.3.2 | Az élelmiszeripari berendezések fertőtlenítése.....                   | 16 |
| 3.3.3 | A gépek tisztítása és fertőtlenítése .....                            | 17 |
| 3.3.4 | Az iparban használt fertőtlenítő eljárások .....                      | 17 |
| 3.3.5 | Alternatív fertőtlenítési eljárások .....                             | 18 |
| 3.3.6 | Steril gyártósor kialakítása .....                                    | 18 |
| 3.3.7 | Élelmiszeripari vákuumcsomagoló gép .....                             | 19 |
| 3.4   | UVC sugárzás elemzése ipari felhasználási szempontból.....            | 20 |
| 3.4.1 | A mesterséges optikai sugárzás expozícióra vonatkozó szabályzás ..... | 20 |
| 3.4.2 | Az UV sugárzás .....                                                  | 21 |
| 3.4.3 | Az UV-C , vagy Far-UV-C sugárzás .....                                | 22 |
| 3.4.4 | A Far-UV-C hatása a baktériumokra.....                                | 23 |
| 3.4.5 | Far-UV sugárzás felhasználása .....                                   | 24 |
| 3.4.6 | A Far-UV-C lámpák hatása az élővilágra.....                           | 26 |
| 3.4.7 | UV-csíraölő rendszer megtervezése.....                                | 26 |

|       |                                                                                                                                              |    |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.4.8 | A szűrők jelentősége ultraibolya fényt kibocsátó készülékeknél.....                                                                          | 30 |
| 3.4.9 | A küszöbértékek (TLVs) .....                                                                                                                 | 30 |
| 4     | Az alkalmazott módszerek (anyag és módszer).....                                                                                             | 33 |
| 4.1   | Egyedi fejlesztésű 222nm/265nm 3D ipari fertőtlenítő állomás bemutatása .....                                                                | 33 |
| 4.1.1 | A berendezés célja .....                                                                                                                     | 33 |
| 4.1.2 | A berendezés főbb tulajdonságai.....                                                                                                         | 33 |
| 4.1.3 | Egyedi fejlesztésű 222nm/265nm 3D ipari fertőtlenítő állomás 3D nyomtatott fogaskerekének megtervezése Solid Edge program segítségével ..... | 37 |
| 4.1.4 | A kész berendezés beépítésnek tervezett helye a gyártó sorban.....                                                                           | 42 |
| 5     | Eredmények és értékelésük .....                                                                                                              | 43 |
| 6     | Következtetések és javaslatok.....                                                                                                           | 48 |
| 7     | Összefoglalás.....                                                                                                                           | 50 |
| 8     | Irodalomjegyzék .....                                                                                                                        | 52 |
| 9     | Ábrák jegyzéke .....                                                                                                                         | 55 |
| 10    | Táblázat jegyzék.....                                                                                                                        | 56 |

## 2 Bevezetés és célkitűzések

A szakdolgozat témája egy világszinten is újdonságnak számító, alapkutatási eredményeken alapuló, több kritikus technikai és társadalmi kérdéshez kapcsolódó csúcstechnológiai termék fejlesztéshez kapcsolódó berendezés vizsgálatáról és egy lehetséges prototípus megvalósításához szükséges egyik alkatrészének a megtervezése.

A prototípus eredményeinek a felhasználásával elkészíthető termék nagyon sok létező és új berendezésbe integrálható, úgymond új technológiai piac generáló megoldás, hasonlóan a fénycsőes világítás felváltásához LED technológiákkal, itt most a fénycsőes fertőtlenítő egységeket fel fogják váltani a far-UV LED technológiájú emitterek. De ilyen LED egység még csak laboratóriumi célokra készültek nagyon kis teljesítményű prototípusok gyártásával, ezért a következő lépés az ipari célokra is alkalmas teljesítményű és minőségű megoldások kifejlesztése lesz.

A far-UV ( $\lambda=222\text{nm}$ ) sugárzást használó fertőtlenítő hatás már régebb óta ismert kutatási eredmény, és eddig alapvetően fénycsőes technológiával állították elő, alapvetően kísérleti célokra. A fénycsőes technológiákat a legszélesebb értelemben vett világítási célkora minden területen, kisebb-nagyobb sebességgel felváltották, vagy fel fogják váltani a rohamosan fejlődő LED alapú technológiák.

Például mára a gyártósorok kameráinak megvilágítását nagyobb részben felváltják az infra tartományú LED emitterek, mert a gépi látás, illetve a kamera alapú alakfelismerés az Ipar 4.0 alapvető eszköze lett. Tehát várható egy olyan folyamat is, ami a „fénnel” való fertőtlenítés és sterilizálás folyamataiban is a könnyen és gazdaságosan alkalmazható LED alapú emitterek elterjedését hozza, talán még nagyobb sebességgel, mert a társadalmak fertőtlenítési igénye nagyot ugrott az utóbbi időben globális mértékben is.

Várhatóan kulcsszerepe lesz a far-UV ( $\lambda=222\text{nm}$ ) LED emittereknek, hiszen az UVC sugárzás helyettesítése emberre ártalmatlan technológiával világos és könnyen elfogadható alternatívát ad nagyon sok alkalmazási területen, gyakorlatilag az élet minden területén.

Az UV fény általi fertőtlenítés és sterilizálási lehetőségek a LED technológiák fejlődésével gyorsan bővülnek, de még mind teljesítmény, mind a hosszú távú üzemeltetés tekintetében sok fejlesztés szükséges. A laboratóriumi kutatások azt mutatják, hogy az ún. far-UV

( $\lambda=222\text{nm}$ ) tartományban sokkal megbízhatóbban és gyakorlatilag veszély nélkül (emberi szem, bőr) nélkül lehet baktériumok és vírusok ártalmatlanítására használni. A far-UV tartományban még nem állnak rendelkezésre olyan UV LED emitterek, melyekkel a gyakorlatban is használható berendezések építhetők ipari alkalmazásokhoz.

A szakdolgozat célja, hogy egy elkészített prototípus egység segítségével (melynek egyik alkatrésze is megtervezésre kerül) laboratóriumi méréseket (MATE Élelmiszertudományi és Technológia Intézet laboratórium) lehessen végezni, melyek segítségével igazolni lehet a  $\lambda=222\text{nm}$  sugárzás fertőtlenítő hatását, és ezen prototípus berendezés legyen az alapja a későbbiekben megvalósításra kerülő végleges berendezésnek, ami alkalmas lesz

- élelmiszeripari fertőtlenítő készülékekben való alkalmazásra,
- gyártósori ellenőrzéshez használt munkaállomásokban való alkalmazásra,
- teljesíti az egészségügyi intézményekben való alkalmazás követelményeit.

A végső berendezés létrejöttének gazdasági hatásaként a világon először olyan far-UV emitter részegység kerül a piacra, ami egy robbanásszerűen fejlődő piacon gyors sikerre számíthat, elsősorban a fertőtlenítő, sterilizáló, takarító, légtisztító stb. gépeket gyártó vállalatok számára. A berendezésgyártók esetében potenciális vevőnek tekintjük mindazon hazai és külföldi KKV-t, amelyek a háztartási kis- és nagygépek, a szórakoztató elektronika, látványtechnika, be- és kiléptető rendszerek, orvostechnikai eszközök, vendéglátóipari és turisztikai célú eszközök gyártásával, forgalmazásával foglalkoznak. Nem lehet figyelmen kívül hagyni az emberi tevékenységhez kötött, ipari célgépek gyártóit és forgalmazóit sem, különösen azokat, akik esetében a munkavégzéshez magas fokú tisztasági követelmények társulnak. Szintén a potenciális felhasználók közé soroljuk az előbb felsorolt készülékek, gépek, termékek szervizével foglalkozó vállalkozásokat, hiszen egy porszívó, egy mosógép, egy mosogatógép vagy egy hűtő-fagyasztó szekrény javításakor is elengedhetetlenül szükséges bizonyos alkatrészek, szerkezeti elemek gyors és hatékony tisztítása, fertőtlenítése.

A szakdolgozat első részében bemutatásra kerül az a péküzem mely, potenciális elsőként fogja (várhatóan) alkalmazni a berendezést, melyet a HACCP rendszer által meghatározott pontok közül a megfelelő helyre fognak beépíteni, itt kitérek a HACCP lényegére,

felépítésére. A következő részben megvizsgálom a már létező fertőtlenítő megoldásokat, majd az UVC sugárzás elemzésére következik az ipari felhasználás szempontjából. Ezt követi a már létező prototípus bemutatása és az egyik megtervezett alkatrész ismertetése. Végül áttekintésre kerülnek a prototípussal végzett kísérletek eredményei.

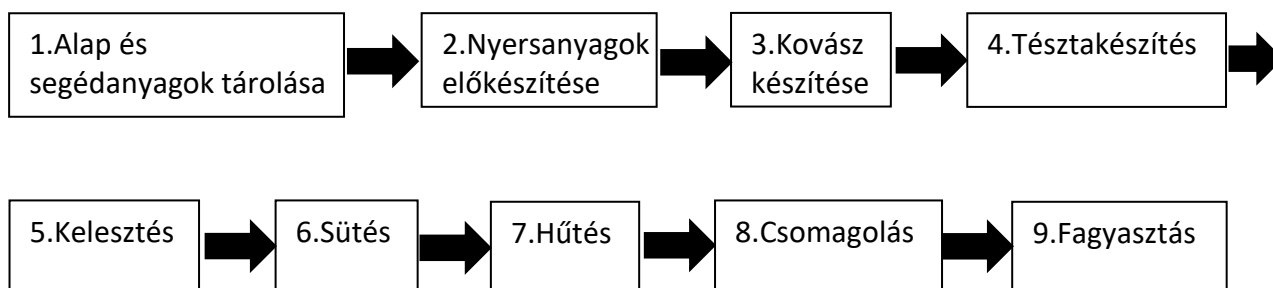
## 3 Szakirodalmi áttekintés

### 3.1 Sütőipari cég és tevékenységének bemutatása

#### 3.1.1 Sütőipari technológia ismertetése

A növényi alapanyagokból, tésztából sütéssel készített élelmiszerek készítése, ilyen például a kenyér, zsemle, lepény, több ezeréves múlttal rendelkezik. Napjainkban is a legtöbb háztartásban előfordul a kenyér vagy valamilyen pékáru. Sokan úgy tartják, hogy a kenyér az élet alapja. A különböző pékárukhoz szükséges tészta készítésének technológiája nagy változásokon ment át az idők során. Egyrészen a házi magán célra készített tésztától, a céheken és kisüzemekben át a nagyüzemi termék előállítókig. A tésztakészítést két fő technológiával szokták végrehajtani. Az egyik a kovászos ez az úgynevezett indirekt módszer, a másik pedig a kovász nélküli vagyis direkt eljárás. (Papné Szabó, 2010)

A Ledora Plus Kft. Sütőipari technológiájának fő lépéseit az 1. ábrán látható folyamatábra szemlélteti.



1. ábra Sütőipari technológia fő lépései

1. Az alap és segédanyagok tárolása: Ez a lépés egészen a terméket alkotó alapanyagok beszállítóktól való átvételétől, az alapanyagok tárolásáig terjed. Tárolás során különös figyelmet fektetve az előírások betartására a különböző alapanyagok minőségi jellemzőinek megőrzése érdekében. A tárolás a bemutatott cég esetében a 2. ábrán látható.

2. A nyersanyagok előkészítése: Ebbe a folyamatba beletartozik a minőség-ellenőrzés, a tisztítás és a szitálás is. Az előkészítés fő célja, hogy olyan nyersanyagokat biztosítson, melyek megfelelő hőmérsékletűek és tiszták.

- Hőmérséklet beállítás: Ez vagy előmelegítés vagy hűtés. A dagasztógéphez elő kell melegíteni a vizet és a lisztet. Hideg időszakban a liszt még előző nap bekészítésre kerül az üzemben, az előmelegítés miatt.
- Mérés: Minden alapanyagot le kell mérni.
- Keverés: Különböző fajtájú és tulajdonságú lisztek keverése.
- Szitálás: Szennyeződések eltávolítása, illetve lisztcsomók feloldása miatt nagyon fontos.
- Sóoldás, ülepítés, szűrés: Ez a konyhasó előkészítése, célja a szennyeződések kiszűrése, illetve az egyenletes eloszlás biztosítása.
- Szuszpendálás: Az élesztő elszuszpendálása a dagasztóvízben vagy kovászvízben.

3. A kovász készítése: Ez magába foglalja a kovász készítéséhez szükséges technológiai folyamatokat. Ha kovász nélküli termék készül, akkor értelemszerűen ez a lépés kimarad.

4. A tésztakészítés: Ebbe a műveletbe beletartozik az összes technológiai folyamat melyek az alapanyagokból a tészta előállításáig tartanak. Ezek a folyamatok a következők:

- Dagasztás: Ez az alapanyagok összekeverését jelenti, a megfelelő egyenletes eloszlás érdekében. A cég által használt dagasztó látható a 3. ábrán.
- Tészta pihentetése: Ez segíti, hogy végbe menjenek a szükséges biológiai és kémiai folyamatok, melyek segítik a termék megfelelő szerkezetének a kialakulását. A pihentető a 4. ábrán látható.
- Formázás és töltés: Ez magába foglalja a késztermékre jellemző forma kialakítását, illetve, ha olyan termékről van szó mely tölteléket tartalmaz, akkor annak betöltését is. Az alkalmazott formázó berendezést az 5. ábra mutatja.

5. Kelesztés: Itt a formázott termékből kialakul a késztermékre jellemző szerkezet. Fontos a szabályozott hőmérséklet és páratartalom, hogy a megfelelő biológiai és kémiai folyamatok lejátszódhassanak. A kelesztő kamra látható a 6. ábrán.

6. Sütés: Ez a tészta megfelelő ideig kemencében való tartózkodását foglalja magába. A 7. ábra mutatja a pékség által alkalmazott kemencét.

7. Hűtés: A megsült termék hőmérsékletének szabályozása, az elosztási hőmérsékletre.

8. Csomagolás: A késztermék megfelelő védelemmel való ellátása annak érdekében, hogy az megőrizze minőségét a szállítás és elosztás során.

9. Fagyasztás: a kész termék lefagyasztása annak érdekében, hogy minőségét, állagát megőrizze a későbbi kiszállítás és felhasználás során A fagyasztó kamrát a 8. ábra szemlélteti.



2. ábra Alapanyag tároló



3. ábra Dagasztó gép



4. ábra Pihentető helyiség



5. ábra Kenyérformázó berendezés



6. ábra Kelesztő kamra



7. ábra Kemence



8. ábra Fagyasztó kamra

### 3.1.2 A sütőipari üzem bemutatása

A Ledora Plus Kft. Heves megyében Egerben a Kőlyuk utca 4-es szám alatt működik, jól kiépített infrastrukturális környezetben. Az üzem magán tulajdonban van, tulajdonosai magyarok. A céget megalakulása óta folyamatosan fejlődik mind a munkaerő, terme skála, vevői kör és technológia terén. A cég különös figyelmet fordít infrastruktúrájának, a termelőüzem és a raktárhelyiségek fejlesztésére, de a termékeik minősége és mennyisége leginkább az emberi erőforrás függvénye, így nagy hangsúlyt helyeznek a hosszútávú és minőségi munkaerőre. A termelőüzem Egerben az Egri Ipari Parkban található 2262 négyzetméteren. Gyártóvonalukon korszerű technológiát alkalmaznak, megújuló energiaforrást is felhasználva. Az üzemben különös figyelmet fordítanak a tiszta és rendezett munkakörülményekre. Itt készülnek, és kerülnek becsomagolásra a késztermékek. Ezeknek egy részét a cég saját teherautóival juttatja el megrendelőihez. A cég nagy hangsúlyt fektet termékeik minőségére, melyek tartósítószer és színezékmentesek. A cég ellenőrzött forrásból származó alapanyagokat használ fel termékei előállításához, és betartja az élelmiszerbiztonsági előírásokat, mint például a HACCP-rendszert. A cég több mint 20 300 000 terméket gyárt évente. (Http 6)

## 3.2 A HACCP-rendszer az élelmiszeriparban

Ebben a fejezetben bemutatásra kerül a HACCP-rendszer, annak 7-pontja és az alkalmazási lehetőségei.

### 3.2.1 A HACCP jelentése és fejlődése

A HACCP egy mozaikszó mely a következőt jelenti: Hazard Analysis and Critical Control Points, ez magyarul annyit jelent, hogy veszélyelemzés és kritikus ellenőrzőpontok. A HACCP fő célja,

hogy az élelmiszerrel kapcsolatos megbetegedéseket a lehető legkisebb mértékűre csökkentse, és biztonságosabbá tegye az élelmiszereket a fogyasztók számára.

Az élelmiszerekkel kapcsolatos megbetegedések főbb okai napjainkban jellemzően a következők:

- Globalizáció: nyes termékek importálása és exportálása során
- Kényelmi termékek: Félkész termékek
- Nagymennyiségű állattartás: Szalmonella
- Tömeges turizmus: Időhiány miatt nem higiénikus munkakörülmények
- Gyorsételek: sok előállító és utcai árusítás

Élelmiszer veszélyesé válását elősegítő tényezők:

- Allergén összetevők jelenléte
- Érzékeny csoportok (idősek, betegek, csecsemők) fogyasztják
- Toxikusan változó alapanyagok jelenléte (gomba, spóra, fehérje)
- Gyártás során nem megfelelő folyamatok, vagy intézkedések alkalmazása

Élelmiszer-mikrobiológusok ismerték fel azt, hogy a hagyományos élelmiszeripari ellenőrzési eljárások milyen korlátokkal rendelkeznek, és ezek kiküszöbölésére javasoltak egy új koncepciót, mely kizárólag és a lehető leghatékonyabban az élelmiszer-biztonságot szolgálja, ez lett a HACCP. A HACCP rendszer egy vezérléstechnika, amely azt a célt szolgálja, hogy az élelmiszerek biztonságát megfelelő mértékben lehessen biztosítani az élelmiszeriparban. A koncepciót 1959-ben dolgozta ki az amerikai Nemzeti Repülési és Űrkutatási hivatal, az Amerikai Hadsereg Natick Laboratóriuma és a Pillsbury Co., annak érdekében, hogy biztonságos élelmiszereket tudjanak garantálni a NASA űrprogramjaihoz. (Bauman, 1995). A HACCP lényegében a GMP és GHP továbbfejlesztett rendszere, így ezek hatékony működése nélkül nem valósítható meg. A GMP lényege, hogy az élelmiszer biztonságát és minőségét nem lehet biztosítani kizárólag a kész termék vizsgálatával és ellenőrzésével, illetve a problémák gyártás utáni feltárásával. Ellenben a biztonságot és minőséget előre kell tervezni, és a megelőzésre kell koncentrálni. A GMP eljárás ipari szabványok és gyakorlati előírások segítségével lett kidolgozva, azzal a céllal, hogy növeljék a higiéniai biztonságot és megelőzzék a veszélyek előfordulását. A GMP együtt jár a GHP-vel, mely a tisztasági követelmények megfogalmazásáról és pontos betartásáról szól. (Bretaudeau, 2020)

A HACCP elvek alkalmazását a nemzetközileg elfogadott biztonsági követelmények teszik indokolttá. Az elvek alkalmazhatók az élelmiszergyártás, forgalmazás és kereskedelem minden részén. (Testo, 2016)

### **3.2.2 A HACCP-rendszer bevezetése és megvalósítása**

A HACCP rendszer megvalósításához célszerű egy logikai sorrendet követve halani. Első lépésként össze kell állítani egy HACCP csoportot, akik felelősek lesznek a hatékony megvalósításért. Ezután készíteni kell egy termék leírást, arról a termékről melynek folyamata során alkalmazni kívánjuk az alapelveket. Ezután meg kell határozni a termék tervezett felhasználását. Majd szükséges megszerkeszteni a termék folyamatábráját is melyet később a helyszínen igazolni és pontosítani szükséges. Ha ezek a lépések megvannak utána sorban kell alkalmazni a HACCP alapelveit. (Hegedűs, 2013)

### **3.2.3 A HACCP rendszer hét alapelve**

A HACCP hét alapelvvvel rendelkezik, melynek alapja a Codex Alimentarius. A minőség biztosításához elengedhetlen folyamat az önellenőrzés. A hét pont segít abban, hogy a HACCP megfelelően kivitelezhető legyen:

#### **1. ALAPELV**

Releváns veszélyek feltárása, veszélyelemzés. A folyamatban felmérni azokat a pontokat ahol jelentős veszélyek fordulhatnak elő, és javaslatot tenni ennek megelőzésére.

#### **2. ALAPELV**

A kritikus ellenőrzési pontok, vagyis a CCP-k meghatározása a folyamat során. Ez a veszélyelemzési adatlapon lévő döntési fa segítségével történik. (9. ábra)

#### **3. ALAPELV**

A CCP-kre vonatkozó határértékek és tűrések meghatározása, melyek betartásával biztosított a CCP kontrolálása.

#### **4. ALAPELV**

Hatékony ellenőrző rendszer meghatározása és megvalósítása, megfigyeléssel és vizsgálatokkal, annak érdekében, hogy bent maradjunk a 3. alapelvnél meghatározott határértékeken.

## 5. ALAPELV

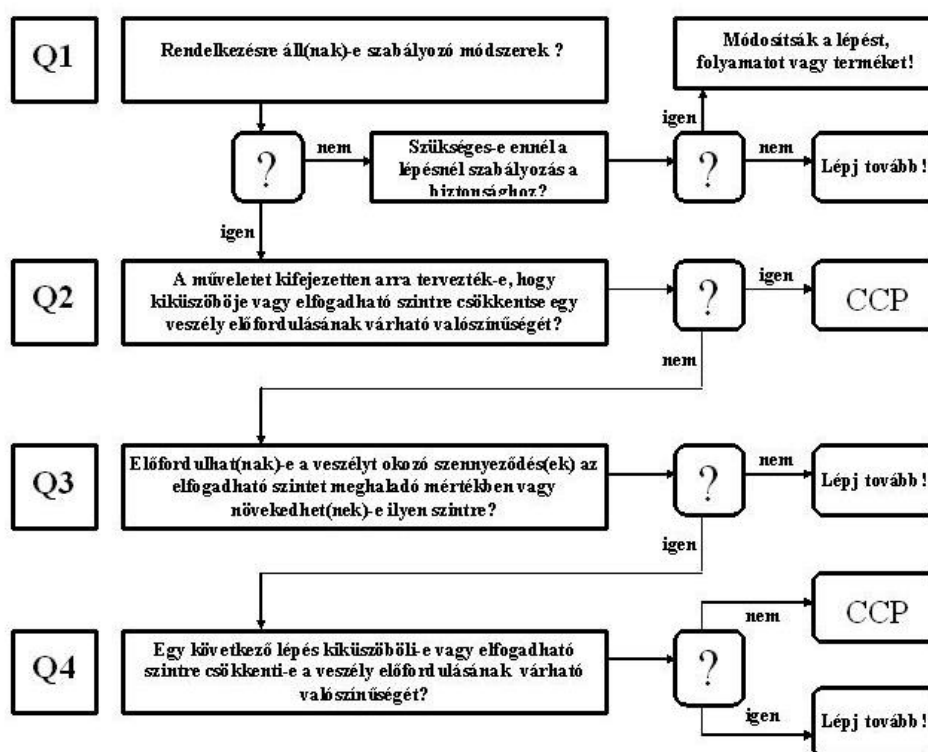
Javító intézkedések meghatározása, melyek végrehajtandók, ha a 4. alapelvnél kialakított rendszer azt mutatja, hogy a kritikus pont szabályozott értéke átlépte a 3. alapelvnél meghatározott határértéket.

## 6. ALAPELV

Önellenőrző vizsgálatok kialakítása, kiegészítő vizsgálatokkal, annak igazolására, hogy a HACCP rendszer hatékony működése fennálljon.

## 7. ALAPELV

Dokumentáció készítése, az eljárásokról és feljegyzésekről, melyek megfelelnek az alapelveknek.



9. ábra CCP döntési fa (vitae.hu)

A HACCP megállapítja a különbséget a kritikus pontok és kritikus ellenőrzési pontok között. A kritikus pontok (CP-k) olyan állomások, melyek a folyamat során kritikusnak tekinthetőek. Még akkor is ha az adott ponton nem áll fenn az egészség veszélyeztetése. A kritikus ellenőrzési

pontok (CCP-k), azok a pontok ahol feltételezhetően fennál az egészség veszélyeztetése, ha nincs megfelelően kivitelezve. (Hegedűs, 2013)

### **3.3 Az élelmiszeripari fertőtlenítés bemutatása és elemzése**

A következő fejezetben a szakirodalomból bemutatásra kerül az élelmiszeripari fertőtlenítés.

#### **3.3.1 Aszeptikus gyártási technológia**

Az élelmiszeriparban az egyik legfontosabb eljárás a fertőtlenítés, hiszen ezzel biztosítható a megfelelő minőségű áru. Az élelmiszeripari csíráatlanításra többféle eljárást alkalmaznak: hő sterilizálás, mikrohullámú hőkezelés, ellenállás elvén alapuló hevítés, radioaktív besugárzás, csíráatlanító szűrés. A legelterjedtebb ezen eljárások közül a hőkezeléses fertőtlenítés az élelmiszeriparban.

Az élelmiszerek hőkezeléses tartósítása a mikroorganizmusok hőpusztulásán alapul. Sterilizálás, pasztőrözés során a terméket megfelelő edényekben, tartályban légmentesen lezárva melegítik, majd lehűtik.

Mivel a túlzott, hosszan tartó hőkezelés az élelmiszer külső megjelenését, biológiai értékét és organoleptikus tulajdonságait rontja, ezért inkább a forró töltést alkalmazzák.

Az aszeptikus eljárás során a terméket forró állapotban töltik az edényekbe, tartályokba hermetikusan lezárják és a lassú hűlés során önsterilizálás megy végbe.

Az élelmiszer minősége akkor őrizhető meg, ha fertőtlenített edényben végezzük az aszeptikus csomagolást. A folyamat feltétele, hogy a gyártóberendezés és a csomagolóanyagok, tartályok tökéletesen csírámentesek legyenek. (Holló, 2004) (Holah, 2014)

#### **3.3.2 Az élelmiszeripari berendezések fertőtlenítése**

Valamennyi az aszeptikus rendszerhez tartozó gép, tartály, szerelvény belső felülete tükrös, repedés- és karcolásmentes, könnyen és jól tisztítható. A csődarabokat pórus- és repedésmentes hegesztési varrattal csatlakoztatják. A gyártósoron a másodlagos fertőzések megakadályozására a csírámentes környezetet fenn kell tartani, erre a klór-dioxidos kezelés a leghatékonyabb. (Holló, 2004)

### 3.3.3 A gépek tisztítása és fertőtlenítése

Az élelmiszeripari berendezések tisztítása és fertőtlenítése két, egymástól elkülönülő műveletsorból áll. A tisztítás célja a mechanikai szennyeződések – élelmiszer-maradványok, lerakódások, esetleges ráégek – eltávolítása, a fertőtlenítés a mikroorganizmusok elpusztítása a berendezések felületén, például klór-dioxid oldat alkalmazásával.

A tisztítás műveletei:

- lágy részecskemaradványok eltávolítása maximum 50 °C-os, nagynyomású vízszugárral,
- ráégett üledékek eltávolítása mosó- és tisztítószerrel, lúgos és savas hatású készítményekkel, szükség szerint mechanikai tisztítással,
- mosószermaradványok eltávolítása 70-80 °C-os, kb. 1,5 m/s sebességű vízszugárral.

A fertőtlenítés műveletei:

- mikroorganizmusok elpusztítása fertőtlenítő szerrel, például klór-dioxid oldattal, gőzöléssel, a terméket szállító vezetékeket, a termékkel érintkező géprészeket telített gőzzel vagy nagynyomású vízzel, töltő- és zárógépek nem nyomásálló részeit 250-350°C-os túlhevített gőzzel vagy vegyszerekkel csíramentesítik,
- fertőtlenítő-, csíraölő szerek eltávolítása mosással, öblítéssel az utófertőzés lehetőségének kizárásával,
- hűtés steril levegővel.

A Twinoxide fertőtlenítő szer alkalmazása azért előnyös az élelmiszeriparban, mert az esetleges klór-dioxid maradványok nem jelentenek veszélyt a felhasználók egészségére. (Http 4), (Moreman, 2016)

### 3.3.4 Az iparban használt fertőtlenítő eljárások

Az iparban használt eszközök csíramentesítésére az alábbi eljárásokat alkalmazzák leggyakrabban:

- vegyszeres tisztítás,
- hőkezelés,
- gőzölés,
- UV fényes besugárzás,
- ózonos fertőtlenítés.

Az élelmiszeriparban szívesen alkalmazzák a könnyű és olcsó műanyag csomagolást, melyet magától értetődően fertőtleníteni, baktérium mentesíteni kell. Az élelmiszer feldolgozásának része sok esetben a főzés, ebből adódóan a műanyag edények felületén található baktériumok elpusztulnak a betöltött, magas hőfokú anyagtól. A gőzölés hasonló elven működik, előnye,

hogy a főzési hőfokhoz képest jóval forróbb gőz alaposabban tisztíthatja meg a műanyag felületeket is. Hátránya, hogy a tárolóedény deformációját is okozhatja. (Kiss, 2010)

### **3.3.5 Alternatív fertőtlenítési eljárások**

A műanyag hordók, palackok és tárolórekeszek fertőtlenítését végezhetjük UV fénnel való besugárzás segítségével vagy ózonos fertőtlenítő eljárással is. Mivel ezekkel a csíramentesítő eljárásokkal csupán a baktériumok pusztulását érhetjük el, előnyösebb olyan megoldást választani, mely egyben tisztítás is.

Ivóvíztartályok, műanyag konténerek, vízgyűjtő hordók, PET palackok és egyéb tárolóeszközök tisztítását és fertőtlenítését vegyi úton végezhetjük el tökéletesen. A megfelelő fertőtlenítőszeres oldattal való öblítés eltávolítja a szennyeződések és elpusztítja a baktériumokat, mikroorganizmusokat, gombákat. (Szalma, 2019)

### **3.3.6 Steril gyártósor kialakítása**

Az aszeptikus gyártóvonalakat különleges gonddal kialakított, zárt térben helyezik el. Az épületekre (padozat, falak, mennyezet, nyílászárók, csatornázás), a víz- és gőzellátásra, a légcserére, szellőzésre, kondicionálásra a legszigorúbb higiéniai előírások a mérvadók.

Az utófertőzés elkerülésére a fogyasztói csomagolások töltését és zárását célszerűen enyhe túlnyomás alatt álló kamrában végzik.

A gépek tisztításának, fertőtlenítésének technológiáját, gyakoriságát, hatékonyságának ellenőrzését szigorú utasítások szabályozzák. Külön előírások vonatkoznak a rövidebb-hosszabb üzemállások utáni beindításokra. A felhasznált víz minőségét, keménységét, pH-értékét, mikrobiológiai tisztaságát rendszeresen ellenőrzik. A kemény vízből a 40-50 °C-on jelentősen csökkenő oldhatóságú Ca- és Mg-sók válnak ki a berendezések felületén; a víz pH-értéke a mosó- és fertőtlenítőszeres disszociációját és ezzel hatásfokát befolyásolja; a mikroorganizmusokkal szennyezett víz a berendezéseket fertőzi.

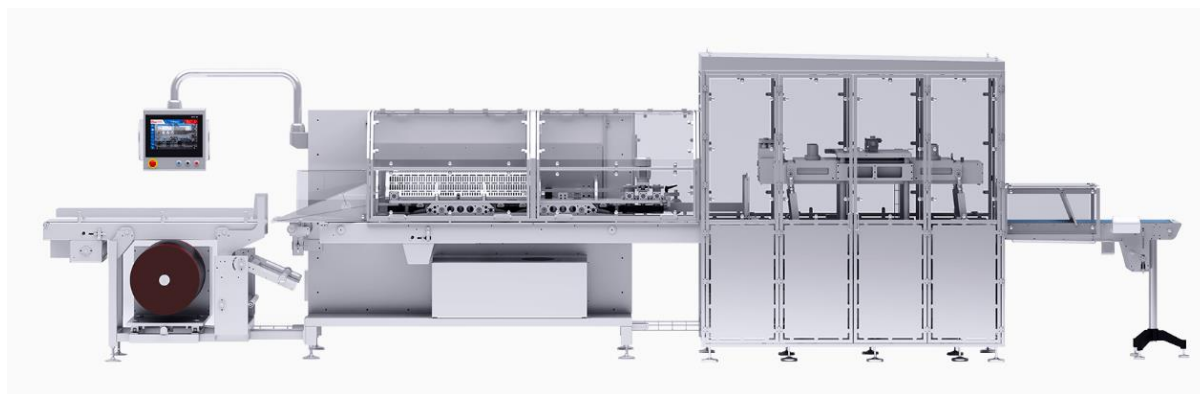
Aszeptikus gyártóvonalakban gyakran alkalmaznak közvetlen gőzbevezetésű (direkt fűtésű) hőcserélőket. Ezeknél a termék gyors, intenzív felmelegítését nagynyomású, tiszta gőz bekeverésével érik el.

Gőzinjektoros megoldásnál a gőzt porlasztják a termékbe, gőzinfúziósnál a terméket vezetik a gőzbe cseppek vagy sugár formájában. Mindkét esetben a kondenzálódó gőz a termékkel keveredik, ezért csak ivóvíz minőségű kondenzátumot adó gőz használható fel.

Élelmiszeripari és egyéb gyártósori fertőtlenítő gépek. Az élelmiszeriparban népszerű a steril gyártósor és aszeptikus csomagolás, melynek előnye, hogy jó minőségben és hosszan eltartható az áru. A gyártósort és a gépeket szakszerűen és gyakran fertőtleníteni kell. Néhány további kulcsszó, melyeket érdemes jobban megismerni: fertőtlenítés és sterilizálás, élelmiszeripar klór, aszeptikus gyártás megszervezése, tisztítás az iparban, gépek fertőtlenítése olcsón, klór-dioxid alkalmazása. (Kiss, 2010) (István, 2019)

### **3.3.7 Élelmiszeripari vákuumcsomagoló gép**

A kompakt és tiszta vákuumcsomagolás segít fokozni az élelmiszer termékek minőségét és növelni értékét. Az ipari vákuumcsomagoló gépek eltávolítják az oxigént, megelőzve, hogy a levegőben lévő mikroorganizmusok károsítsák az élelmiszert, ugyanakkor gátolják a baktériumok szaporodását. Az élelmiszeripari vákuumcsomagoló a termékek szavatossági idejét is meghosszabbítja, jobban, mint a hagyományos csomagolási lehetőségek. Ugyanakkor nem könnyű megtalálni azt a berendezést, amely kielégíti a különleges követelményeket, egyben illeszkedik a költséggazdálkodáshoz is.



10. ábra Colimatic Omega csomagoló gépe (Coligroup SPA, 2023)

A Colimatic cég Omega nevű berendezése (10. ábra) a betápláló szalagon automatikusan felderíti a termékek jelenlétét és méretét, lehetővé téve a termelési láncba való közvetlen beillesztését. A tömítő rúd alkalmas az anyagok széles tartományához, beleértve a zsugorodó anyagokat, alumíniumot, és szabványos fóliákat. Végül ez a modell használható szabálytalan

alakú közép- és nagyméretű termékekhez, mint egész hús szeletek, sertés lábak, tézstafélék, gyümölcsök, zöldségfélék, és sütőipari termékek csomagolására. (Http 3)

Élelmiszeripari vákuumcsomagoló előnyei:

- A leegyszerűsített beállítások könnyű hozzáférést engednek a gép funkcióihoz,
- Kompatibilis az automatikus termék adagoló rendszerekkel,
- 0% törmelék képződik, ettől kiemelkedően hatékony,
- Szilárd rozsdamentes acél alkatrészek biztosítják a tartósságot és hosszú élettartamot.

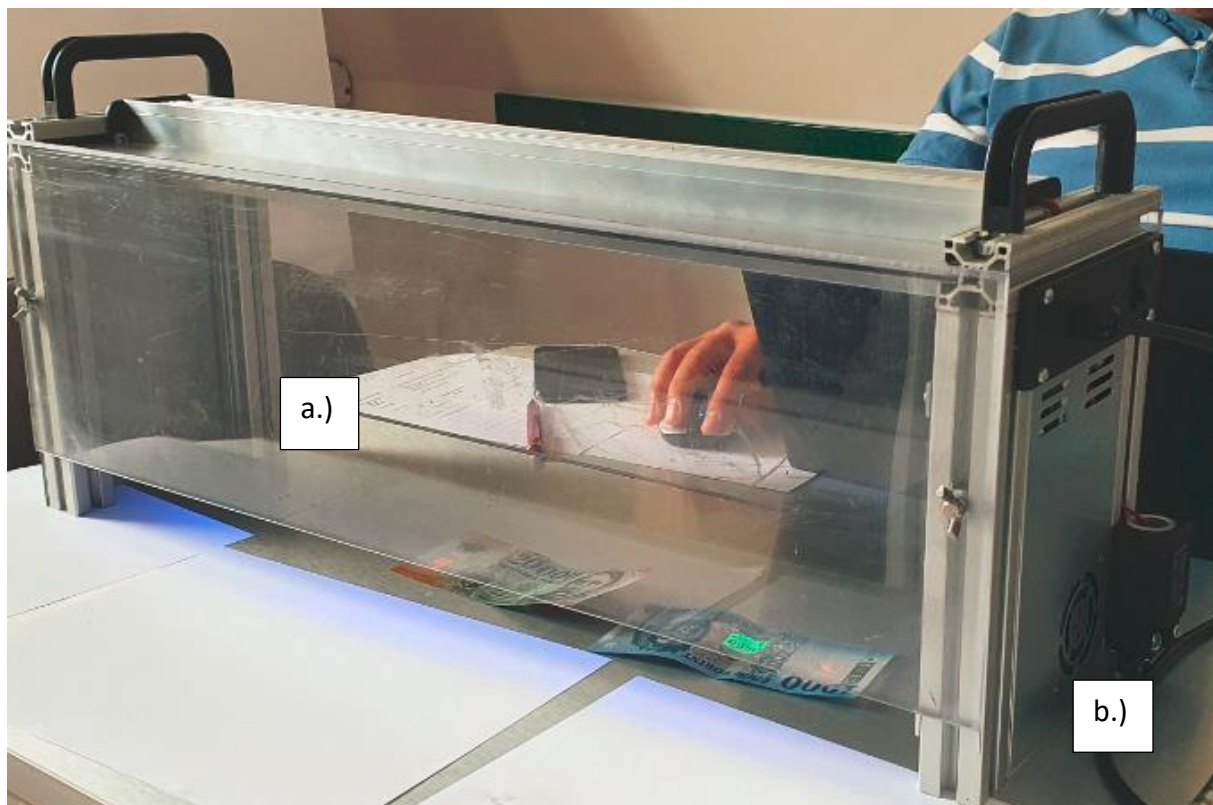
### 3.4 UVC sugárzás elemzése ipari felhasználási szempontból

Ebben a fejezetben bemutatásra kerül az UVC sugárzás, különös tekintettel az ipari felhasználásra.

#### 3.4.1 A mesterséges optikai sugárzás expozícióra vonatkozó szabályzás

A 22/2010. (V. 7.) EüM rendelet mely a „munkavállalókat érő mesterséges optikai sugárzás expozícióra vonatkozó minimális egészségi és biztonsági követelményekről” szól jelenlegi állapotában nem tesz különbséget az UVA, UVB és UVC, és természetesen a  $\lambda=222\text{nm}$ -es sugárzás közt, mert a jogszabály EU harmonizált. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy hiába ártalmatlan az emberi szervezetre a  $\lambda=222\text{nm}$ -es sugárzás, ennek ellenére az ilyen technológiával készült berendezéseket is ugyan úgy fizikai, elektronikai védelemmel kell ellátni, mint az élőlényekre káros más sugárzási tartományban működő berendezéseket. (22/2010 (V.7) EüM rendelet, 2010)

Az iparban, több megoldás létezik a védelemre. A 11. ábrán egy egyedi megoldás került megvalósításra, ahol a szem védelmére a berendezés oldalain a sugárzást elnyelő plexi lapok védik a szemet, ez a fizikai védelem /a.)-val jelölve a képen/. E mellett ún. felemelés ellen (azaz, hogy alulról nézzen bele valaki) is ellátták védelemmel /b.)-vel jelölve a képen/, a két oldalon egy-egy emelő kapcsolóval, ami a megemeléskor megszakítja a sugárforrás tápellátását, így azt lekapcsolva, meggátolja a sugárzást - ez az elektronikai védelem.



11. ábra Minta rendszer – a.) fizikai és b.) elektronikai védelem

### 3.4.2 Az UV sugárzás

Az UV-sugárzás az ultraibolya vagyis ibolyán túli sugárzást jelent. Az UV sugárzás a  $\lambda=180-400\text{nm}$  tartományban lévő elektromágneses sugárzást foglalja magába. Az ultraviola sugárzás a fény látható spektrumán kívül esik, tehát nem fény, hanem elektromágneses sugárzás. Az UV hullámhossz tartománya röntgensugarasénál nagyobb, ez  $\lambda=0,01-100\text{nm}$ -ig terjed, viszont a látható fényél kisebb, ez pedig a  $\lambda=400-700\text{nm}$ -es tartományt foglalja magába. Az UV-sugárzást három alkategóriába osztják a sugárzási hullámhossz és a fotonenergia alapján: van UV-A, UV-B és UV-C sugárzás, ez az 1. táblázat szemlélteti.

1. táblázat: UV-sugárzás alkategóriái (Saját készítés a hivatkozott /CDC/ adatok alapján)

| Elnevezés                           | Rövidítés | Hullámhossz-tartomány<br>$\lambda$ (nm) |
|-------------------------------------|-----------|-----------------------------------------|
| Ibolyántúli A, nagy hullámhosszú    | UV-A      | 400–315                                 |
| Ibolyántúli B, közepes hullámhosszú | UV-B      | 315–280                                 |
| Ibolyántúli C, kis hullámhosszú     | UV-C      | 280–180                                 |

A Földre érkező UV-A sugárzás nagy része elnyelésre kerül a légkör legfelső rétegében. Ennek egy kis része képes áthatolni a légkörön és az üvegen is. Ez a sugárzás az emberi bőr felső rétegén és a szem elülső közegén is áthatol. Az UV-B és UV-C sugárzást elnyeli az ózon réteg, így a föld felszínét ezek nem érik el. A  $\lambda=320\text{nm}$ -nél rövidebb hullámhosszú elektromágneses sugárzást teljesen elnyeli az ózon réteg. Az UV-B és UV-C sugárzást az üveg elnyeli, illetve nem képes áthatolni a bőr felső rétegén és a szaruhártyán sem. (Htp 9), (Biniek, 2012)

### 3.4.3 Az UV-C , vagy Far-UV-C sugárzás

A természetben nem létezik UV-C sugárzás, mivel az légkör teljes mértékben kiszűri az UV-C sugárzást a napsugárzásból. A Far-UV-C sugárzás az elektromágneses spektrum és a látható fényen kívüli, UVC  $\lambda=200\text{-}230\text{nm}$  közötti spektrum része, mely a kutatások szerint ártalmatlan az emberi szemre és bőrre.

A COVID-19 világjárvány növelte a tudatosságot a betegségek terjedésével együtt járó kockázatokkal kapcsolatban különösen a levegőben lévő kórokozók tekintetében. Az UV-C sugárzást már az 1940-es évektől alkalmazták levegő és felületi fertőtlenítésre. Egyértelmű bizonyíték van rá, hogy az UV-C felhasználható a levegőben szálló részecskék, aeroszolok és az így terjedő fertőző betegségek előfordulásának csökkentésére. Az UV-C megzavarja a célzott kórokozók szaporodási ciklusát és inaktívvá teszi őket. Az újabb tanulmányok meggyőzően kimutatták, hogy az UV-C gyorsan inaktíválja a SARS-CoV-2 vírust, amely COVID-19, valamint más gyakori levegőben terjedő kórokozókat, mint például az influenzavírusokat. (Bernhardt, 2023)

A Far-UV-C ( $\lambda=200\text{-}230\text{nm}$ ) az UV-C spektrum egy olyan tartománya, amelyet hagyományosan nem használtak fertőtlenítésre, jóllehet hatékony antimikrobiális és vírusellenes szerként ismert. A Far-UV-C jelentősége abban áll, hogy míg a hagyományos fertőtlenítő UV-sugárzás ( $\lambda=250\text{-}280\text{nm}$ ) csíraölő dózisok esetén potenciálisan veszélyes, biofizikai és kísérleti bizonyítékok arra utalnak, hogy a Far UV-C esetében nem ez a helyzet; védő felületi rétegekkel sokkal kevesebb bőr- és szemkárosodást eredményez, miközben megmarad fertőtlenítés hatékonysága. A Far-UV-C alapvető változást hozhat UV-C sugárzás felületeken és különösen levegőben lévő szennyeződések mentesítésére pl. lakott helyeken való felhasználására. (Blatchley III, 2022)

A Fehér Könyv tudományos áttekintést ad a Far-UV-C technológiáról és a legkorszerűbb kutatásokról ez azonban nem jelenti a technológiával kapcsolatos szabályozás teljes áttekintését, amelyek lényegében régióként és alkalmazásonként változhatnak. A jelentés legfontosabb következtetései a publikált elemzések és a szakértői ismeretek összevetésével készült:

- A vírusos kórokozók Far-UV-C általi inaktiválása gyakran hatékonyabb, mint a hagyományos UV-C.
- Napjainkig nincs bizonyíték, hogy bármilyen emberi szem- vagy bőrkárosodást (beleértve a bőrrákot) okozna.
- A Far-UV-C források gyakran kibocsátanak káros sugárzásokat a Far-UV-C tartományon túl, habár alacsonyabb intenzitással. A  $\lambda=230\text{nm}$  feletti kibocsátású források használata optikai szűrőt igénybevételeivel használhatóak.

Egyes Far-UV-C lámpák esetében ózonképződés volt megfigyelhető, ezért ezt mindig tekintetbe kell venni és az alkalmazás tervezésekor folyamatos mérésre van szükség.

A jelentés mintegy összefoglalja, hogy bár tovább kell folytatni a kutatást a Far-UV-C biztonságosságával és hatékonyságával kapcsolatban, egyúttal javaslatot tesz a világméretű egészségügyi válság kapcsán annak mérlegelésére, hogy a technológiát alkalmazzák, mivel elegendő bizonyíték áll ehhez a rendelkezésre. (Http 12) (Http 10) (Http 11)

#### **3.4.4 A Far-UV-C hatása a baktériumokra**

Az ultraibolya sugárzás, beleértve a Far-UV-C-t, deaktiválja a mikrobákat, a vírusokat és baktériumokat azáltal, hogy károsítja a molekulákat, például a nukleinsavakat és a fehérjéket. Ezáltal pedig képtelenné válnak végrehajtani a túléléshez és a szaporodáshoz szükséges folyamatokat. Az inaktiválást két kulcsparaméter szabályozza: a hullámhossz és a teljes az ún.

UV-expozíció (általában UV-dózisnak is nevezik). A csíraölő hatás az UV-C hullámhossz függvényében változik, és egyedi a megcélzott mikroba vagy vírus tekintetében: maga a germicid hatás spektruma adja meg a választ. Habár a csíraölő hatás változó a különféle mikrobális és vírusfajok között, közös jellemző  $\lambda=260\text{-}270\text{nm}$ -es tartományban jelentkező csúcsérték, ahol az UV-C nukleinsav lebontást okoz, ami a kórokozó inaktiválásához vezet (azaz fertőtlenítéshez). (Http 8)

### 3.4.5 Far-UV sugárzás felhasználása

Miután a Far-UV elpusztítja a levegőben terjedő vírusokat, ugyanakkor nem ártalmas az emberre, így zsúfolt helyeken a leghatékonyabb a használata: buszokon, vonatokon, repülőtereken, bevásárló központok bejáratainál, liftekben.

Már jelenleg is használnak Far-UV-C lámpákat:

- fogászati klinikák,
- hipermarketek,
- éttermek,
- légitársaságok,
- tengerjáró hajók,
- buszközlekedés,
- borászatok,
- baromfitelepek.

A Far-UV-C technológiát jelenleg egy forrástípus a KrCl (kripton-klorid) excimer lámpa uralja, melyet először az 1980-as években fejlesztettek ki. Ezekben a készülékekben feszültséget kapcsolnak egy ritka gáz-halogén keveréket tartalmazó, lezárt kamrára, amely a gázt plazmaállapotba gerjeszti; a keletkező gerjesztett molekuláris komplex elegy ezután elektronátmeneten megy keresztül és kvázi-monokromatikus sugárzást bocsát ki. Az emissziós spektrumok némileg változnak a lámpakialakítás függvényében, de kijelenthető, hogy a csúcsérték  $\lambda \sim 222\text{nm}$ , amely jól illeszkedik az alkalmazásokhoz. A hosszabb hullámhosszú sugárzás ugyanis károsíthatja az emberi szemet és bőrt, a rövidebb hullámhossz pedig az ózonképződés miatt jelenthet problémát. Ezért a KrCl gyakorlati alkalmazása esetén mindig szükséges optikai szűrőt használni a  $\lambda=222\text{nm}$ -től eltérő hullámhossz kiszűrése miatt.

Más gázlámpán alapuló technológiák is lehetségesek Far-UV-C sugárzás előállítására, mint pl. fém gőzlámpák, vagy optikai szűrős, közepes nyomású higanylámpák, de azok gyakorlati hasznossága UV-alapú levegő- és felületfertőtlenítő alkalmazásokra vonatkozóan még nem

bizonyított. Tehát bár léteznek alternatív eszközök, azonban ezek még gyakorlatban nem használhatók fertőtlenítési alkalmazásokhoz. (Schitz, 2019)

A  $\lambda=222\text{nm}$  hullámhosszú excimer lámpák pontosan ugyanolyan baktériumölő tulajdonságokkal rendelkeznek, mint a higanylámpák, de amint azt a tanulmányok kimutatták a rövidebb hullámhossz nem hatol be az emberi szem és bőr sejtjeibe és nem tehet kárt bennük. Az excimer lámpák folyamatosan működhetnek az adott helyiségben tartózkodó emberek közvetlen közelében a levegőt és a különféle felületek fertőtlenítése céljából. Az excimer lámpák nem tartalmazzak higanyt. Az excimer lámpák ózonképző sebessége a fotokémiai és koronakisülési folyamatok eredményeként több nagyságrenddel alacsonyabb, mint a hagyományos, ózont generáló UV lámpáké. Mindazonáltal jelen van ózon, ezért rendszeres mérésekre van szükség a megengedett dózis túllépésének elkerülése érdekében.

Jelenlegi ismereteink a Far-UV-C források ózonképző lehetőségéről a sztratoszféra ózon képződésének és pusztulásának vizsgálatain alapul, amelyeket fotokémiai reakciók indítanak be. Az ózonképződés függ a bomlás és kibocsátás egyensúlyától, mivel mindkettő fotokémiai folyamat és ezeknek sebességét közvetlenül befolyásolja az UV sugárzás felszívódása, célszerű összehasonlítani a két reaktáns ( $\text{O}_2$  és  $\text{O}_3$ ) abszorpciók spektrumát.

A Xenon excimer lámpákat gyakran használják  $\text{O}_3$  előállítására a sugárzás erős  $\text{O}_2$  abszorbanáciája miatt jellemző emissziós hullámhossz okán, mely  $\lambda=172\text{nm}$ . A Xenon excimer lámpák kellően hatékonyak lehetnek  $\text{O}_3$  generátorként. A KrCl lámpák szintén képesek ózon előállítására fotokémiai úton, de az előállítás aránya nagyságrendekkel alacsonyabb, mint egy Xenon excimer lámpa esetében. (Al-Gharabli, 2016)

Egy Far-UV-C forrás ózon előállító képessége függ az alapvető kémiai folyamattól, de egyúttal az alkalmazás helyi feltételeitől is. A releváns feltételek közé tartozik az UV-C forrás kimeneti teljesítménye és a kimeneti spektruma, valamint a levegő keringtetése és keverése a lámpa környezetében.

Az excimer lámpákat teljesítménytől és kialakítástól függően 2-10 kV feszültség működteti, melyeket a lámpán kívül alkalmaznak. Ezeken a magas feszültségeken előfordulhatnak korona kisülések a lámpa külső felületén. Mivel a kisülés levegőben történik, a koronakisülések által okozott ózonképződés jelentős mértékben hozzájárulhat a Far-UV-C lámpákból származó

ózonképződéshez, és lényegesen magasabb lehet, mint a fotokémiai folyamatok által okozott ózonképződés. (Http 11) (Http 10).

#### **3.4.6 A Far-UV-C lámpák hatása az élővilágra**

A Far-UV lámpák biztonságosak a növények számára, sőt elpusztítják a felületükön lévő káros mikroorganizmusokat, ezzel is javítva a növekedést, virágzást és termés lehetőségét. A Far-UV lámpák biztonságosak az állatok szempontjából is. Köztudott, hogy excimer lámpákat már alkalmaznak egyes baromfitelegeken a madárinfluenza elterjedésének megakadályozására.

A Far-UV-C kibocsátás egészségre gyakorolt hatásairól közelmúltban készült tanulmányok azt mutatják, hogy az emberi szem és a bőr tekintetében a  $\lambda=230\text{nm}$  alatti hullámhossz lényegesen biztonságosabb, mint a hosszabb UV-C hullámhossz. Ezen megfigyelések összhangban vannak azokkal a biofizikai megfontolásokkal, amik kimutatták, hogy a  $\lambda=230\text{nm}$ -nél kisebb hullámhossz értékek esetén azt a fehérjék és más biomolekulák felszívják, így aztán az élő szövetekbe való behatolási képessége meglehetősen korlátozott.

A bőrrák epidemiológiai vizsgálatai egyértelműsítették, hogy a környezeti napsugárzás okozati tényezője elsősorban az UV-B komponensnek tulajdonítható. Ezidáig nem végeztek humán epidemiológiai vizsgálatot a kizárólag UV-C kibocsátásból eredő bőrrák tanulmányozására, mivel nem volt erre utaló vonatkozás. Ennek ellenére egyértelmű, hogy bőrünk legkülső rétege (azaz az emberi stratum corneum) erősen legyengíti az UV-C sugárzást úgy, hogy nagyon kevés UV-C sugárzás éri el az epidermis bazális rétegét, ahol a DNS-t érve potenciálisan bőrrákot okozhatna. Meglehetősen korlátozott számú tanulmány készült a Far-UV-C hullámhossz szemre gyakorolt hatásairól. (Http 10)

#### **3.4.7 UV-csíraölő rendszer megtervezése**

Az UV csíraölő rendszer megfelelő megtervezéséhez ismerni kell az UV-források intenzitáseloszlását a fertőtlenítési idő meghatározásához. A sugárzás szintjének szabályozásához pedig dózismérőket kell használni. Far-UV-C használatakor egyensúlyt kell találni a hatékonyság és az expozíciós határértékek között.

Az ultraibolya sugárzás intenzitását mikrowatt ( $\mu\text{W}$ ) per négyzetcentiméterben ( $\text{cm}^2$ ) vagy mikrojoule ( $\text{mJ}$ ) per négyzetcentiméterben ( $\text{cm}^2$ ) fejezzük ki. Egy mikrojoule egyenértékű egy mikrowatt (1000 multiwatt) per négyzetcentiméterrel ( $\text{cm}^2$ ) másodpercenként.

A sugárdózis az ultraibolya források számától és teljesítményétől, valamint a sugárzás távolságától és idejétől függ.

Az alábbiakban egy példa szemlélteti hogyan kell kiszámítani a fertőtlenítési időt és az ultraibolya Far-UV-C ( $\lambda=222\text{nm}$ ) intenzitást a fényforrástól való távolság függvényében.

Tanulmányok kimutatták, hogy a COVID-19 teljes deaktiválásához  $1,7 \text{ mJ/cm}^2$  szükséges. Egyes kutatók  $2 \text{ mJ/cm}^2$  dózis használatát javasolják. (Bounanno, 2020)

Először kiszámolták az ultraibolya sugárzás dózisát, majd doziméterrel ellenőrizték az eredményeket. A számítás egy KVP-GM-FARUV-150 excimer modul (12. ábra) használatával történt a következő paraméterekkel:

Teljesítmény: 150W

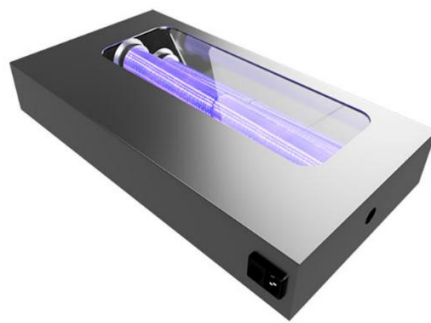
UV-sugárzás:  $88 \mu\text{W/cm}^2$

Hullámhossz: 222 nm

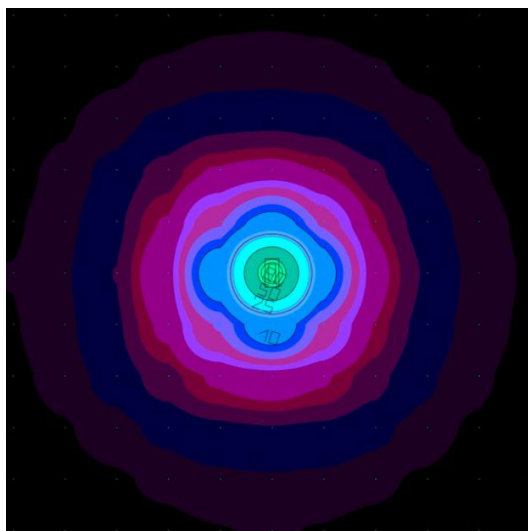
Szoba méretei: 8m x 6m

Lámpa beépítési magassága 2,5 m

Számítási objektumok: vízszintes síkok 1 m; 1,5 m; 2 m és 2,5 m távolságra a Far-UV-C forrástól.

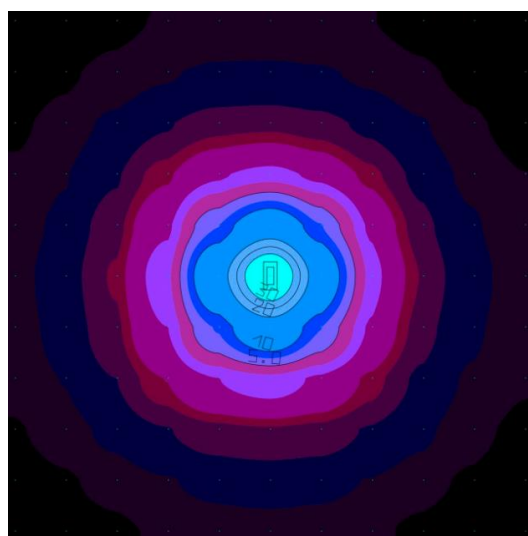


12. ábra KVP-GM-FUV-150 lámpa (Http 5)



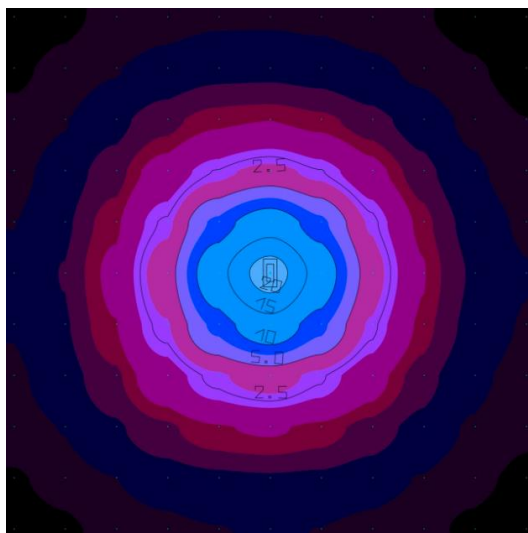
13. ábra A vizsgálat eredménye 1 m távolságból (Http 5)

Amennyiben a lámpa és a mért felület közötti távolság 1m, a maximális sugárdózis  $87,9\mu\text{W}/\text{cm}^2$  vagy  $0,0879\text{ mJ}/\text{cm}^2$ . Mindösszesen 23 másodpercre van szükség a  $2\text{ mJ}/\text{cm}^2$  eléréséhez. Ez látható az 13. ábrán.



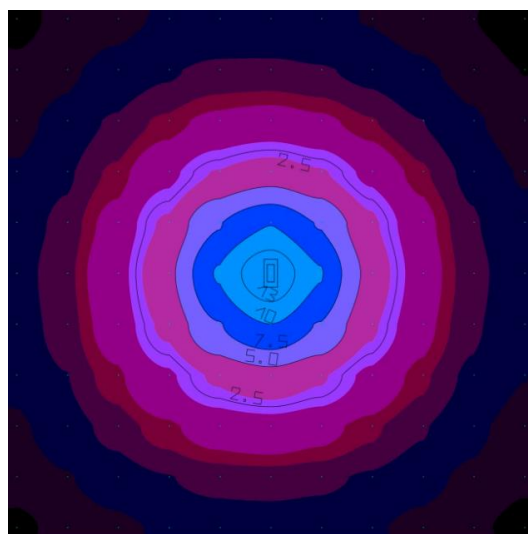
14. ábra A vizsgálat eredménye 1,5 m távolságból (Http 5)

Amennyiben a lámpa és a mért felület közötti távolság 1,5m, a maximális sugárdózis  $39,6\mu\text{W}/\text{cm}^2$  vagy  $0,03960\text{ mJ}/\text{cm}^2$ . Ebben az esetben 50,5 másodpercre van szükség a  $2\text{ mJ}/\text{cm}^2$  eléréséhez. Ez látható az 14. ábrán.



15. ábra A vizsgálat eredménye 2 m távolságból (Http 5)

A lámpa és a mért felület közötti 2 méteres távolság esetén a maximális sugárdózis  $22,5 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  vagy  $0,02250 \text{ mJ}/\text{cm}^2$  és összesen 89 másodpercre van szükség a  $2 \text{ mJ}/\text{cm}^2$  eléréséhez, azaz körülbelül 1,5 percre. Ez látható az 15. ábrán.



16. ábra A vizsgálat eredménye 2,5 m távolságból (Http 5)

2,5 méteres távolság esetén a maximális sugárdózis  $14,5 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  vagy  $0,01450 \text{ mJ}/\text{cm}^2$ .

Ekkor 138 másodperc, kb. 2,5 perc szükséges a  $2 \text{ mJ}/\text{cm}^2$  eléréséhez. Ez látható az 16. ábrán.

2. táblázat: Pivot tábla (Http 5)

| Távolság | Számított Far-UV-C dózis ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ) | Mért Far-UV-C dózis ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ) | Fertőtlenítési idő 2 mJ/cm <sup>2</sup> eléréséhez |
|----------|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 1 m      | 87,9                                                   | 88                                                | 23 mp                                              |
| 1,5 m    | 39,6                                                   | 39,1                                              | 55,5 mp / 1 perc                                   |
| 2 m      | 22,5                                                   | 22                                                | 89 mp / 1,5 perc                                   |
| 2,5 m    | 14,5                                                   | 14                                                | 138 mp / 2,5 perc                                  |

Az eredmények összefoglalva az 2. táblázatban láthatók. A számítások azt mutatják, hogy a távolság változásával az ultraibolya sugárzás dózisa és ennek megfelelően a hatékonysága gyorsan csökken. Ezért egy adott helyiség pontos mérete mellett a telepített UV-források elhelyezkedése, valamint a lámpák száma és teljesítménye szükséges sterilizálási idő pontos kiszámításához. A doziméterrel végzett mérések rendkívül kis hibát mutattak a számított és a mért adatok között. A számított adatok ellenőrzéséhez azonban nyomatékosan javasolt a doziméter használata. (Http 5)

### 3.4.8 A szűrők jelentősége ultraibolya fényt kibocsátó készülékeknél

A legtöbb ultraibolya fényt kibocsátó készülék nem csak maximális elsődleges hullámhosszt bocsát ki, hanem más, másodlagos hullámhosszokat is. Ugyanígy a Far-UV-C excimer lámpák  $\lambda=222\text{nm}$  maximális elsődleges hullámhosszt bocsátanak ki, valamint  $\lambda=200\text{nm}$  alatti és  $\lambda=230\text{nm}$  feletti másodlagos hullámhosszt is. A  $\lambda=200\text{--}230\text{nm}$  tartományban lévő távoli ultraibolya fény biztonságos, azonban a  $\lambda=200\text{nm}$  alatti és  $\lambda=230\text{nm}$  feletti hullámhossz nem. Ezért nagyon fontos egy optikai sávszűrő használata, hogy kiküszöböljük ezeket a káros hullámhosszokat és biztosítsuk a biztonságot. A Far-UV-C szűrő nélküli használata emberek jelenlétében tilos. (Http 10)

### 3.4.9 A küszöbértékek (TLVs)

Az UV-C sugárzás expozíciós határértékei mind lakossági, mind munkahelyi felhasználásra vonatkoznak. Az UV-C fertőtlenítés használatakor ezeket az értékeket nem szabad túllépni. A fertőtlenítéshez szükséges UV-C dózis egyaránt károsítja a bőrt és a szemet és egyértelműen meghaladja az expozíciós határértékeket. A szabályozó hatóságok és a szabványügyi ügynökségek globális szinten felügyelik ennek a technológiának a biztonságát, és az UV-C

expozícióra (beleértve a Far-UV-C-t is) vonatkozó korlátozások lazítása felé irányuló törekvés már megfigyelhető. Az UV-C sugárzás emberre gyakorolt kitettségének irányelvei világszerte azonosok. A legismertebb határértékek az ACGIH-től (American Conference of Governmental Industrial Hygienists - Amerikai Kormányzati Ipari Higiénisták Konferenciája) és az ICNIRP-től (Nem ionizáló sugárzás elleni védelem nemzetközi bizottsága - Nemzetközi Nem Ionizáló Sugárzás Elleni Védelmi Bizottság) származnak. A közétett határértékek az elmúlt három évtizedben nagyjából változatlanok. A spektrális súlyozási függvényt az 1970-es években rendelkezésre álló szaruhártya- és bőrsérülési küszöbértékeken alapul. 2020-ban az ACGIH közleményt adott ki az UV küszöbértékek tervezett változtatásáról (TLV) és ezek a javaslatok először tartalmazták a szem és a bőr határértékeinek elválasztását  $\lambda=300\text{nm}$  hullámhossz alatt, és a szem esetében a  $\lambda=250\text{nm}$  alatti érték emelését. A javasolt napi (napi 8 órás időszak tekintetében), idővel súlyozott expozíciós határérték a  $\lambda=222\text{nm}$ -en  $23\text{ mJ/cm}^2$ -ről  $161\text{ mJ/cm}^2$ -re emelkedne a bőr, és  $479\text{ mJ/cm}^2$  a bőr esetében. (Http 2)

A jelenlegi EU szabályozás szerint a maximálisan megengedett Far-UV-C kibocsátás mértéke  $30\text{ mJ/cm}^2$  8 óra alatt. Annak ellenére, hogy ezt a normát a sugárzás teljes UV-spektrumára állapították meg, ez elégséges a fertőtlenítéshez. (Http 7)

A táblázatban látható, hogy egyes mikroorganizmusok elpusztításához mekkora UV-sugárzás dózisának érték szükséges. Az értékek megmutatják azt, hogy adott mikroorganizmus adott mennyiségének 90 %-os ( $D(10)$ ) és 99,9%-os ( $D(0,1)$ ) elpusztításához mekkora dózis szükséges.

3. táblázat: A mikroorganizmusok elpusztításához szükséges UV-sugárzás dózisának értéke (membron.hu)

| Mikroorganizmus neve       | D(10)<br>mWsec/cm | D(0,1)<br>mWsec/cm |
|----------------------------|-------------------|--------------------|
| Bacterium coli (levegőben) | 0,7               | 2,1                |
| Bacterium coli (vízben)    | 5,4               | 16,2               |
| Bacillus anthracis         | 4,5               | 13,7               |
| S. enteritidis             | 4,0               | 12,0               |
| B. megatherium (spora)     | 2,8               | 8,0                |
| B. paratyphosus            | 3,2               | 9,6                |
| B. pyocyaneus              | 4,4               | 13,2               |
| B. subtilis (spora)        | 12,0              | 36,6               |
| Cornynebacterium dyphteria | 3,4               | 10,0               |
| Eberthella typhosa         | 2,1               | 6,3                |
| Escherichia coli           | 3,0               | 9,0                |
| Vibrio colera              | 4,0               | 10,0               |
| Legioneila pneumophila     | 0,9               | 2,8                |
| Micrococcus candidus       | 6,3               | 19,0               |
| Micrococcus piltonensis    | 8,1               | 24,0               |
| Micrococcus sphaeroides    | 10,0              | 30,0               |
| Neisseria catarrhalis      | 4,4               | 13,0               |
| Phytomonas tumefaciens     | 4,4               | 13,0               |
| Proteus vulgaris           | 2,0               | 7,8                |
| Pseudomonas aeruginosa     | 5,5               | 16,5               |
| Pseudomonas fluorescens    | 3,5               | 10,5               |
| S.typhimurium              | 8,0               | 24,0               |
| Saracina lutea             | 19,8              | 59,8               |
| Serratia marcescens        | 2,5               | 7,2                |
| Dysentery bacilli          | 2,2               | 6,6                |
| Shigella paradysenteriae   | 1,7               | 5,2                |
| Spirillum rubrum           | 4,4               | 13,0               |
| Staphylococcus albus       | 1,8 - 3,3         | 5,4 - 10,0         |
| Staphylococcus aureus      | 2,2 - 4,9         | 4,6 - 14,8         |
| Streptococcus hemolyticus  | 2,2               | 6,6                |
| Streptococcus lactis       | 6,1               | 18,0               |
| Streptococcus viridans     | 2,0               | 6,0                |
| Bacillus taberculi         | 10,0              | 30,0               |
| Trichomonas                | 100,0             | 300,0              |
| Poliovirus                 | 3,2               | 9,6                |
| Infectus hepatitis         | 5,8               | 17,4               |
| Influenza                  | 3,4               | 10,2               |

## 4 Az alkalmazott módszerek (anyag és módszer)

### 4.1 Egyedi fejlesztésű 222nm/265nm 3D ipari fertőtlenítő állomás bemutatása

#### 4.1.1 A berendezés célja

A berendezésbe helyezett tárgyak teljes térbeli besugárzása LED-es  $\lambda=222\text{nm}/265\text{nm}$  UVC sugárzással. A berendezés egy prototípus mely segítségével kísérletek végezhetők, további számításokhoz, illetve a végső termék megtervezéséhez.

#### 4.1.2 A berendezés főbb tulajdonságai

A  $\lambda=222\text{nm}$ -es UVC sugárzás vizsgálata egyedi kísérleti berendezéssel azért indokolt, mert a fénnel való felületi fertőtlenítés azzal a problémával néz szembe, hogy a fény egyenes vonalú terjedése miatt a gyakorlatban a felületeken „árnyékos” részek alakulnak ki, mert nincs tökéletesen sima felület. Ezért a térben kezelendő tárgyakhoz/termékekhez alkalmasan kell konstruálni a mérőberendezést. A sugárforrások elhelyezésével vagy a tárgy mozgatásával lehet optimalizálni a besugárzást, azaz minél kevesebb rész maradjon „árnyékban”.

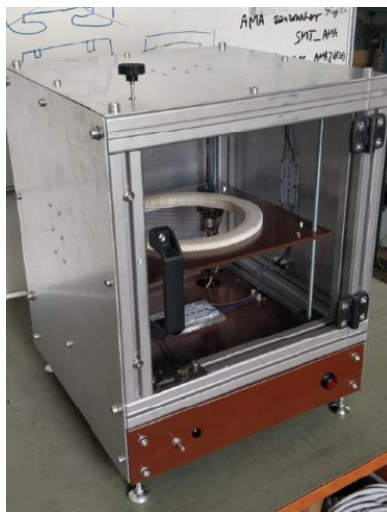
Jelen esetben egy pékipari termék teljes felületét be kell sugározni, azaz a tér hat irányából érdemes a sugárforrást úgy elhelyezni, hogy a sugárfront a termékénél már „falként” viselkedjen. Így tulajdonképpen egy kocka hat oldalaként modellezzük a besugárzást. Az árnyékminimalizálást két további konstrukciós megoldással érjük el, az egyik a tárgy függőleges tengely körüli 180 fokos elfordítása, a másik a tárgyasztal vékony drótokból való kialakítása.

A berendezésbe helyezett tárgyak teljes térbeli besugárzása LED-es  $\lambda=222\text{nm}/265\text{nm}$  UVC sugárzással történik, amelyhez alumínium hordozójú panelenként négy darab UVC LED-et az ajánlott kapcsolásban alkalmazunk. A LED-ek hűtését az alumínium oldallapok biztosítják (17. ábra), a felületeket csavarokkal erősítjük össze és hővezető pasztával növeljük a hőátadás hatékonyságát.



17. ábra A LED-ek helytakarékos hűtése a burkolaton

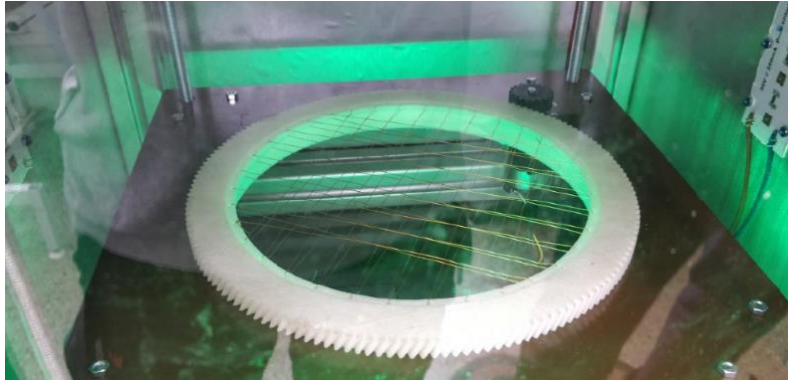
A berendezés ipari, robosztus szerkezeti felépítésű, melyben a vázat 40x40-es alumínium gépépítő elemekből és tartozékaiból szereljük össze (sarokelemek, csavarok, fedőlemezek stb.). A berendezést a 18. ábra szemlélteti. A vízszintes szerelő síkokat 5mm-es vaslemezekből lézervágással alakítottuk ki, a célszerű szerkezeti kivágásokon túl ez adja berendezés súlyát, amely a rezgéscsillapításban is részt vesz.



18. ábra Robosztus szerkezeti felépítés

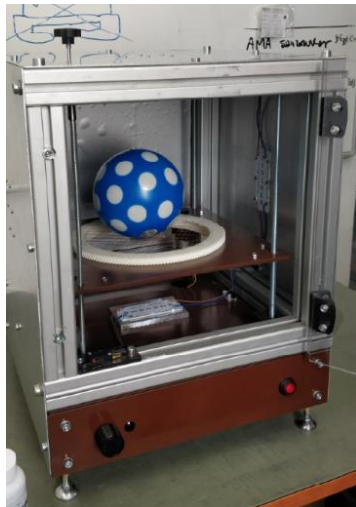
A szenzorokat, a kapcsolókat és a motorokat 230V-ról üzemelő tápegység látja el tápfeszültséggel, mely mikrokontrolleres vezérlést táplál. A mikrokontroller ATMEGA típusú, mely egyedi vezérlő programot futtat.

A berendezésben egy tárgyasztalon forog a tárgy (19. ábra), esetenként fél fordulatot, így a tárgy teljes felülete besugározható (a forgás sebessége változtatható). A forgatást egyenáramú léptetőmotorra rögzített fogkerék áttétel valósítja meg. Az egyedi gyártás miatt ez ABS műanyagból, 3D nyomtatással készül.



19. ábra Tárgyasztal forgatómechanizmusa

A tárgyasztal 18 cm átmérőjű körben rézhuzalokkal tartja a tárgyat, hogy a tárgy alját is érje a sugárzás. Maximum 30 cm magas tárgy (vagy tárgyak) tehető(k) bele. A tárgy elmozdulását a surlódás akadályozza meg, de akár a tárgy mozoghat is (pl. gömb alakú tárgy odébb gördülhet), ez látható az 20. ábrán. A tárgyasztal mechanikusan emelhető/süllyeszthető az optimális távolság beállításához egy menetes szár forgatásával, melynek gombja a berendezés tetején helyezkedik el, ez látható a 21. ábrán.

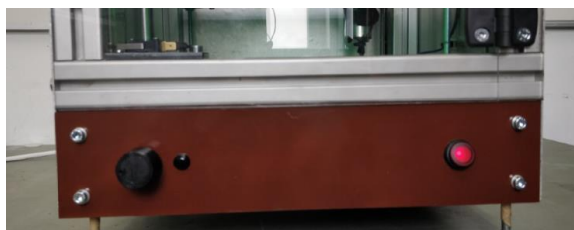


20. ábra A tárgy mozoghat is



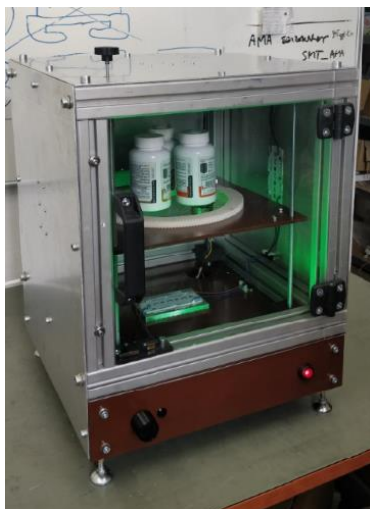
21. ábra Tárgyasztal mechanikusan emelhető, süllyeszthető a tetején lévő forgatógombbal

A fertőtlenítő ciklus az ajtó nyitásával és zárásával indítható, de van külön nyomógomb is arra az esetre, ha több ciklust is indítanánk a tárgy cseréje nélkül. Az ajtó mágnessel záródik, akkor egy mikrokapcsoló engedélyezi a tápfeszültséget, és azonnal indítja a forgási ciklust is. Ez azért célszerű, mert gyorsítja a kísérletek elvégzését a mozdulatok minimalizálásával. A kezelőszervek az előlapon kerültek elhelyezésre (22. ábra) itt lehet állítani a sebességet, indítani a berendezést és bekapcsolni a fertőtlenítést.



22. ábra Kezelőszervek az előlapon (sebesség, indítás, bekapcsolás)

Vizuális visszajelzés is van a készülékben, arra szolgál, hogy zöld megvilágítás látszik (23. ábra), ha nincs UVC sugárzás, és piros megvilágítás látszik (24. ábra), ha belül UVC sugárzás van.



23. ábra Zöld belső világítás esetén nincs sugárzás    24. ábra Pirosbelső világítás esetén  
sugárzás van, de ajtónyitásra kikapcsol

Az UVC sugárzást a plexi anyagú ajtó elnyeli, így semmiképpen sem juthat ki a berendezés belsejéből.

#### **4.1.3 Egyedi fejlesztésű 222nm/265nm 3D ipari fertőtlenítő állomás 3D nyomtatott fogaskerekének megtervezése Solid Edge program segítségével**

A berendezésbe – melynek elkészült 3D modellje 28. ábrán látható – helyezett tárgy egy tárgyasztalon forog körbe a fertőtlenítés során, hogy a tárgy teljes felülete besugárzásra kerüljön. A tárgyasztal forgatását egy egyedi készítésű fogaskerék segítségével oldjuk meg, melyet egy villanymotor hajt. Az alkatrész egyedi gyártásban 3D nyomtatással készül ABS műanyagból.

A berendezés asztal forgatásához egy elektromotorral hajtott fogaskerékpár hajtást választottam. Az alap hajtásgeometriát a beépítésre rendelkezésre álló hely, a tárgyasztal mérete és a kívánt asztal fordulatszám alapján határoztam meg. A fogaskerék gyártására 3D nyomtatási technológiát választottam. Ennek a tervezés első fázisában az a jelentősége, hogy tetszőleges fogazattípus ugyan azon a költségen gyártható. Emiatt ferde fogazatot választottam, amely esetében a fogak kapcsolódása gyakorlatilag folyamatos így rezgésmentesebben, zajtalanabban jár a hajtás. Ezt a hatást még fokozza az anyagválasztás: a választott ABS műanyag alapanyag szintén halkabb járást biztosít, mint azonos geometria mellett egy acél fogaskerékpár. Szintén az anyagválasztásból ered, hogy a kezelőtéren belül elhelyezett hajtás így nem igényel kenést, nem kell „idegen” anyagot bevinni. Mivel a hajtás terhelése minimális, így fogferdeségből ébredő tengelyirányú erő elhanyagolható.

Fogaskerék-hajtás geometriai méreteinek meghatározása:

1., A tárgyasztal méretéből a nagyfogaskerék fogaskoszorúként kell létre jöjjön, így az osztókörátmérője minimum  $d=260\text{mm}$ , maximum  $d=270\text{mm}$

2., Tervezett lassító áttétel:  $i=10$

3., Fogszám és modul meghatározása:

- ahhoz, hogy a nagykerék a megadott tartományba essen  $m = 1,6 \quad z_2 = 165$

- így a valós, adódó osztókör átmérő  $d_2 = m \cdot z_2 = 1,6 \cdot 165 = 264\text{mm}$

4., Kisfogaskerék

- hogy egész legyen a fogszám

-  $i = z_2/z_1 \quad z_1 = z_2 / i = 165 / 10 = 16,5$  helyette választott  $z_1 = 16$

- a kialakuló áttétel  $i = z_2/z_1 = 165 / 16 = 10.31$  - megfelel

-  $d_1 = m \cdot z_1 = 1,6 \cdot 16 = 25,6\text{mm}$

#### 5., Tengelytáv [CD]

-  $a = d_2/2 + d_1/2 = 264\text{mm} / 2 + 26,5\text{mm} / 2 = 145,25\text{mm}$

#### 6., Fogszélesség

- a hajtás minimális terhelése miatt nem méreteztem a fogtövet hajlításra, illetve a fogfelületet Herz feszültségre

- a felvett fogszélesség  $b = 10\text{mm}$

- a felvett fogferdeség  $30^\circ$

#### 7., Nyomatékátadás

- a villanymotor tengely lapolásának megfelelő lapolt furat készül a kisfogaskerékben

- a nagyfogaskereket furatsoron keresztül csavarkötés rögzíti a tárgyasztalhoz.

#### 8., Gyártástechnológia

A 3D nyomtatás gyártástechnológia lehetővé teszi, hogy a szabványos fogaskerékgyártó szerszámokból adódó méretektől eltérjünk. Ez jelentős rugalmasságot ad a konstrukció kidolgozásánál.

#### 9., 3D modellezés

Az előre meghatározott geometriai adatokkal a SolidEdge mérnöki kézikönyv aktuális fejezete alatt futó, fogaskerék tervező modullal legeneráltattam a 3D testmodell. Ez látható a 25. ábrán.

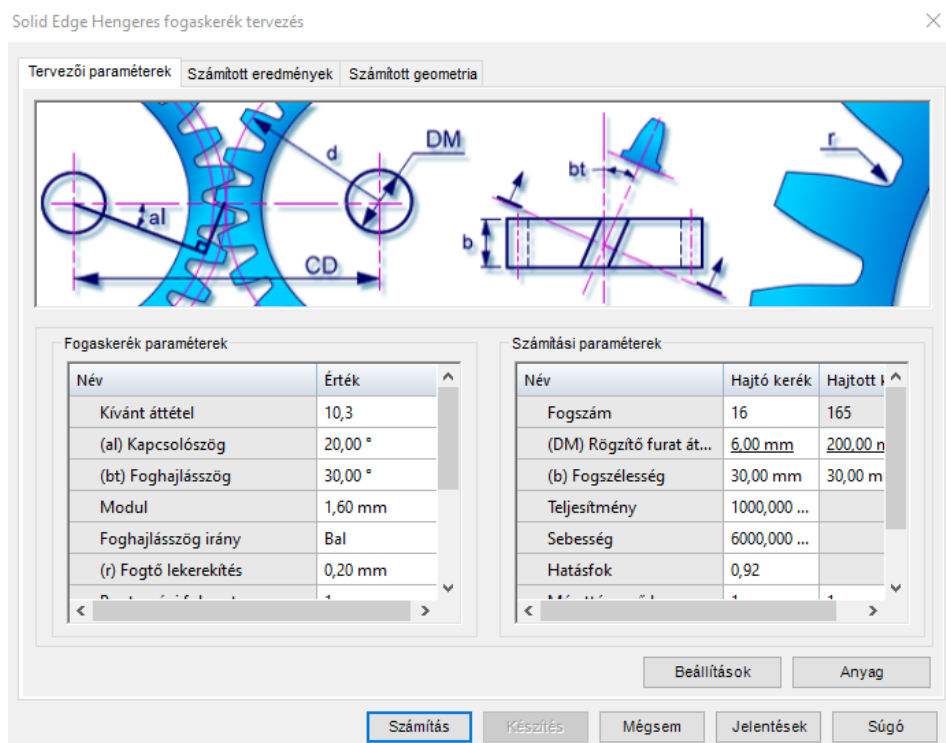
$m = 1,6$                        $a = 145,25\text{mm}$

$d_1 = 25,6\text{mm}$        $d_2 = 264\text{mm}$

$z_1 = 16$                        $z_2 = 165$

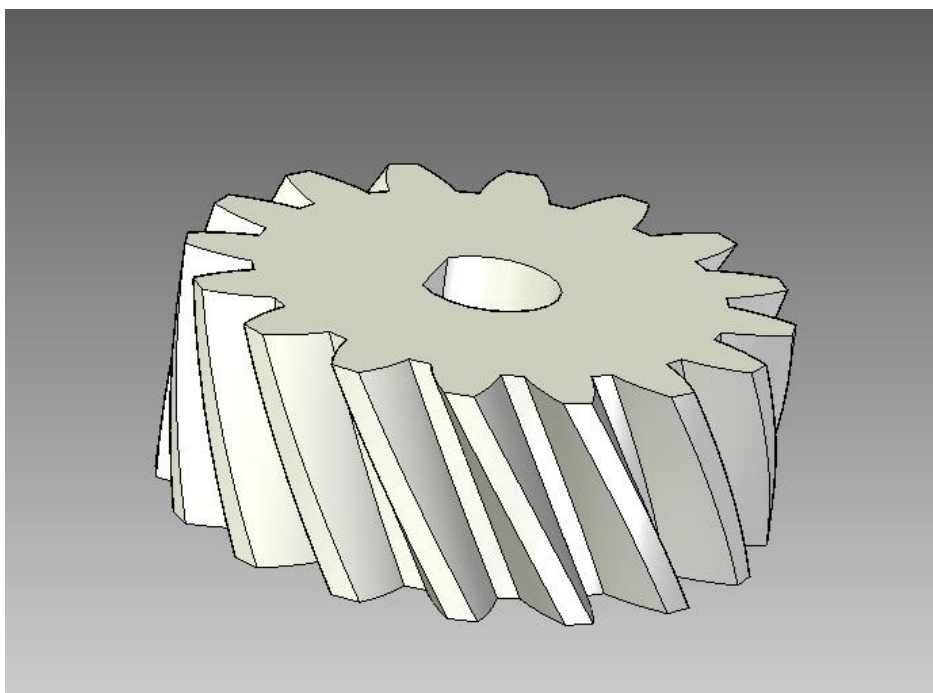
$b = 10\text{mm}$                $b = 10\text{mm}$

$b = 30^\circ$                        $b = 30^\circ$



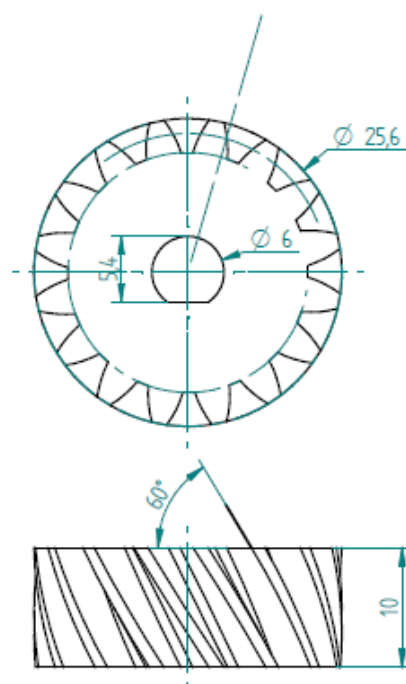
25. ábra - Tervező ablak és beállítás

A kapott eredményen a rögzítő furat lapolt furatkivágását kellett még elkészítenem, mely a 26. ábrán látszik. Az elkészült alkatrész tervrajza a 27. ábrán látható.



26. ábra - 3D modell az elkészült alkatrészből

3,2/ (✓)



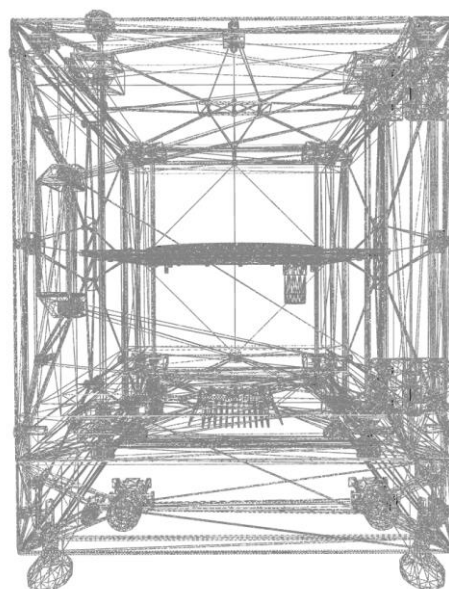
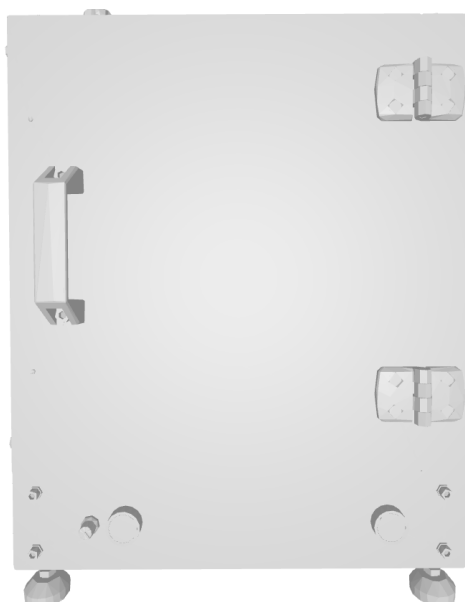
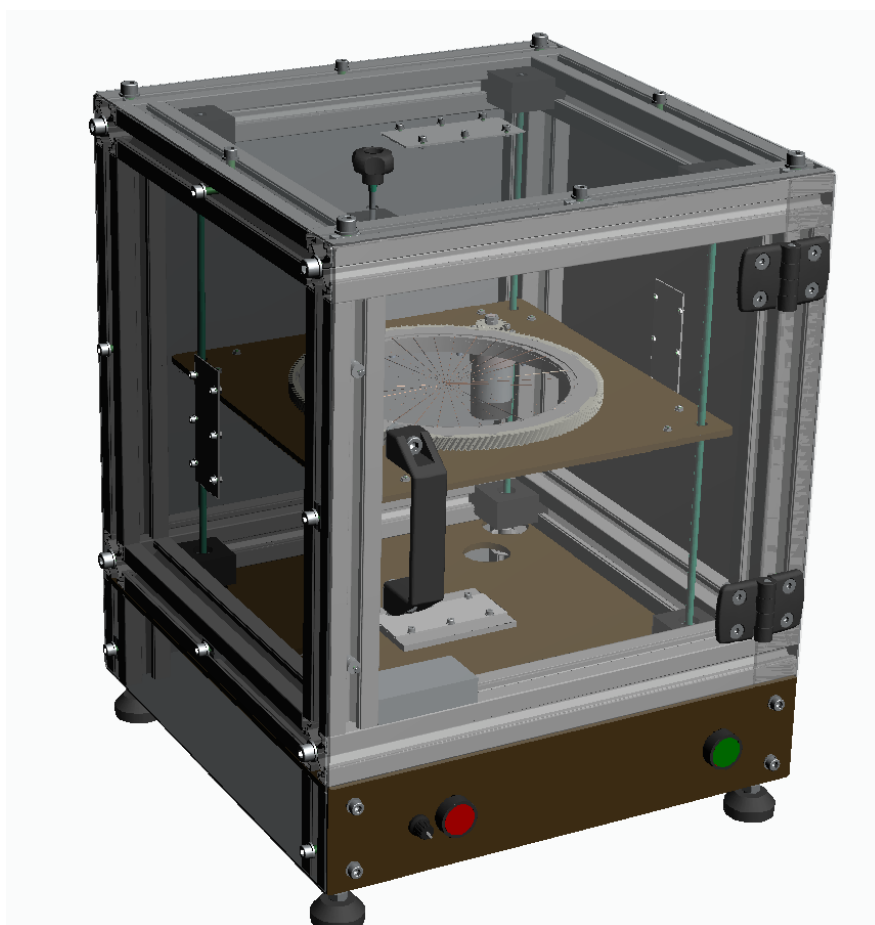
Z=16  
Da=25,6mm  
m=1,6

A rajz csak a 3D modellel együtt érvényes

|                                                           |       |              |                     |              |         |                         |                    |                   |
|-----------------------------------------------------------|-------|--------------|---------------------|--------------|---------|-------------------------|--------------------|-------------------|
| Jelöletlen tűrések MSZ ISO 2768-m szerint (mérték mm-ben) |       |              |                     |              |         |                         | Oldal:<br>1/1      | Munkaszám:        |
| Méret:                                                    | 0,5-3 | 3-6          | 6-30                | 30-120       | 120-400 | 400-1000                |                    |                   |
| Tűrés:                                                    | ± 0,1 | ± 0,1        | ± 0,2               | ± 0,3        | ± 0,5   | ± 0,8                   | ± 1,2              |                   |
| Megjegyzés:                                               |       |              |                     | Anyag:<br>PA |         |                         | Tömeg:<br>0,004 kg | Mod:2023. 10. 25. |
| Gépenként                                                 | 1     | Megnevezés:  |                     |              |         |                         |                    | Rajzszám:         |
| Gyártandó                                                 |       | fogaskerék 1 |                     |              |         |                         |                    |                   |
| Vállalat:                                                 | Dely  | Adam         | Tervező:<br>tervezo |              |         | Dátum:<br>2023. 10. 20. | Méretarány:<br>2:1 | A <sup>4</sup>    |

Nyomtatás: 2023. 10. 25.

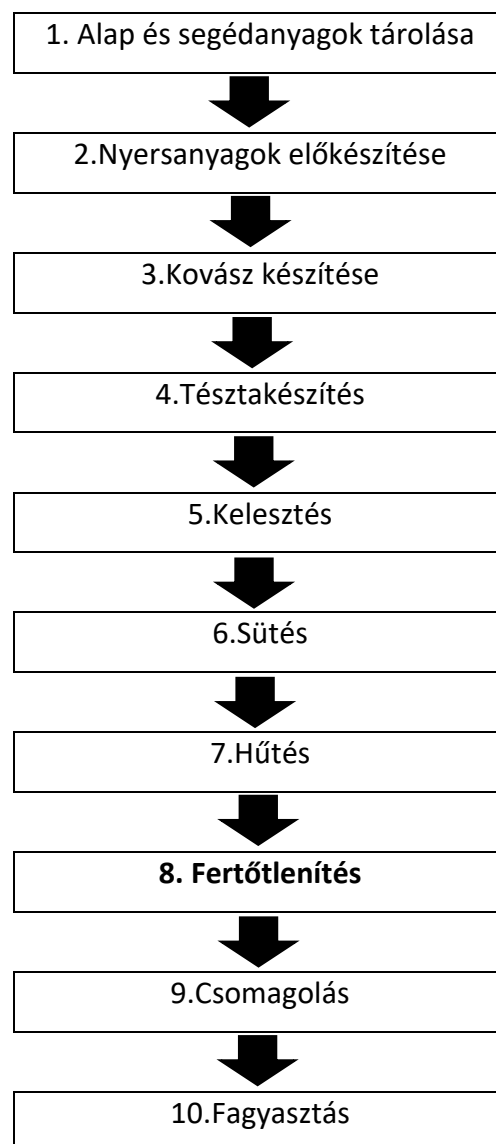
27. ábra - Fogaskerék terv



28. ábra Ipari fertőtlenítő állomás

#### 4.1.4 A kész berendezés beépítésnek tervezett helye a gyártó sorban

Probléma felvetés: a 3.1.1 pontban ismertetett pékség gyártástechnológia esetében, a termékekre áruháza megérkezését követő 30 napos szavatosságot kell a cégnek biztosítania. Ebbe nem számít bele gyártásban történő elkészítés és a logisztikai során történő kiszállítás. A cég visszajelzést kapott, hogy a fagyasztott termékek közül néhány a 30 napos szavatosság lejárta előtt penészes. A belső vizsgálatok során arra az következtetésre jutottak, hogy a hűtés után, és a csomagolás előtt, lévő kritikus pontnál juthat be a termékbe a gondot okozó korokozó. E miatt a prototípus alapján elkészülő berendezés e két pont (3.1.1 fejezt 7. és 8 lépések) közé kerül majd beépítésre, mint azt a 29. ábra is mutatja.



29. ábra - A pékség folyamat ábrája a fertőtlenítéssel kiegészítve

## 5 Eredmények és értékelésük

A bemutatott prototípus segítségével kerültek elvégzésre a vizsgálatok laboratóriumi körülmények között. A kísérletek fő célja, hogy vizsgálja a Far UV megvilágítás mikroba inaktiváló hatását *Salmonella* és penész (*Penicillium*, *Rhizopus*) fajokra nézve, és megállapításra kerüljön, hogy különböző besugárzási időtartamok alatt és távolságok mellett, állandó besugárzási intenzitásnál, milyen mértékben gátolja meg a *Salmonella* és Penészek penetrációját.

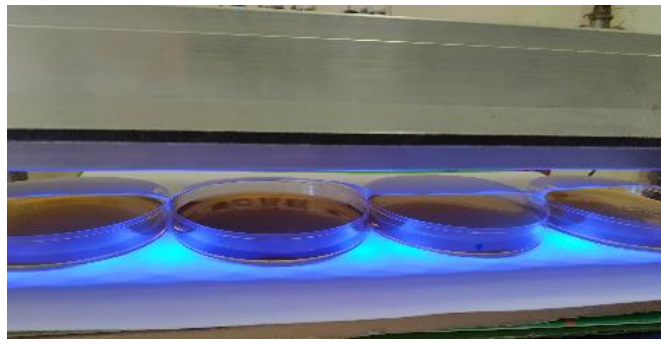
A kísérletek úgy zajlottak, hogy steril Petri csészékben előre kitenyésztett *Salmonella*, *Penicillium* és *Rhizopus* állományok lettek előkészítve. Ezek a bemutatott prototípus berendezésbe kerültek behelyezésre és először 1 cm távolságból, 1-10-60 másodperc időtartamba kerültek besugárzásra, majd 10 cm távolságból, 1-10-60 másodperc időtartamba kerültek besugárzásra, végül pedig 10 cm távolságból, 1-10-60 másodperc időtartamba kerültek besugárzásra.

*Salmonella* inaktiválásának vizsgálata: a kísérlethez Petri csészében lévő táptalajra szélesztéssel  $10^3$  és  $10^6$  CFU/ml *Salmonella* szuszpenziót oltottunk. A beoltást követően a Petri csészéket úgy helyeztük az UV lámpa alá, hogy a Petri csésze felét letakartuk (30. ábra, 31. ábra). A letakart terület szolgált megvilágítás nélküli kontroll mintaként, ehhez hasonlítottuk a megvilágított területen az UV hatását.

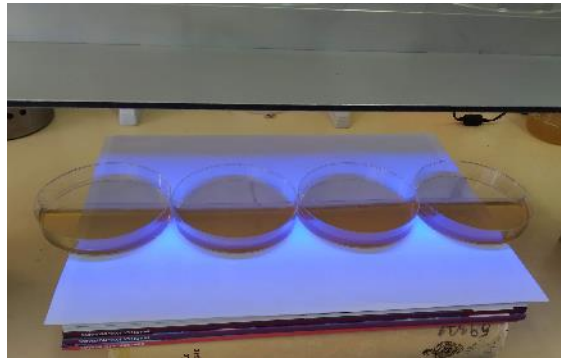
Penészek inaktiválásának vizsgálata: mivel a penészek szétterjedő telepeket képeznek, a kísérlet során felezett Petri csészében lévő táptalajra oltottunk *Rhizopus* és *Penicillium* fajokat (32. ábra).



30. ábra Far UV megvilágításhoz előkészített Petri csészék Salmonella beoltással. A letakart Petri csésze terület szolgált kontroll mintaként.



31. ábra Salmonellával beoltott táptalajok UV megvilágítás alatt



32. ábra Penésszel beoltott táptalajok az UV megvilágítás alatt

Mind a Salmonella, mind a penészek esetén úgy helyeztük a Petri csészéket az UV lámpa alá, hogy a beoltott részüket érje a lehető legnagyobb UV megvilágítás.

A Petri csészék előkészítését követően az alábbi megvilágítási idő (s) és lámpától mért távolságokkal (cm) végeztünk kezeléseket. A lámpától mért távolság alatt a táptalaj felülete és a lámpatest közötti távolságot értjük.

4. táblázat: Távolság/UV megvilágosítási idő

| Lámpától mért távolság | UV megvilágítási idő |
|------------------------|----------------------|
| 1 cm                   | 1 sec                |
|                        | 10 sec               |
|                        | 60 sec               |
| 3 cm                   | 1 sec                |
|                        | 10 sec               |
|                        | 60 sec               |
| 10 cm                  | 1 sec                |
|                        | 10 sec               |
|                        | 60 sec               |

Az UV megvilágításokat követően a Petri csészéket 24 óra inkubációt követően vizsgáltuk, szemrevételezéssel.

Az UV fény intenzitása mindegyik esetben stabilan  $19,76 \text{ W/cm}^2$  volt, ami a felső méréshatárt jelentette. A UV Intenzitás mérésre használt mérőeszköz az Almemo 2890-9, UV érzékelő: Almemo FL A613-UV volt.

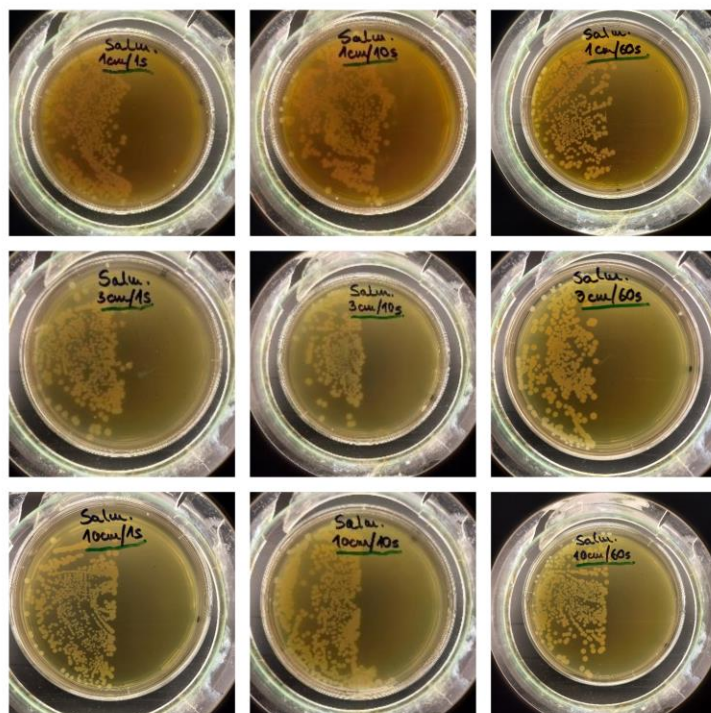
A kísérletek eredménye a 5. táblázatban került összefoglalásra.

5. táblázat Mérési eredmények összegzése

| mérés | távolság | mért intenzitás          | UV megvilágítási idő | Salmonella    | Penicillium      | Rhizopus         |
|-------|----------|--------------------------|----------------------|---------------|------------------|------------------|
| 1     | 1 cm     | $19,76 \text{ W/cm}^2 <$ | 1 sec                | teljes gátlás | részleges gátlás | nincs gátlás     |
| 2     |          | $19,76 \text{ W/cm}^2 <$ | 10 sec               | teljes gátlás | részleges gátlás | részleges gátlás |
| 3     |          | $19,76 \text{ W/cm}^2 <$ | 60 sec               | teljes gátlás | részleges gátlás | részleges gátlás |
| 4     | 3 cm     | $19,76 \text{ W/cm}^2 <$ | 1 sec                | teljes gátlás | részleges gátlás | nincs gátlás     |
| 5     |          | $19,76 \text{ W/cm}^2 <$ | 10 sec               | teljes gátlás | részleges gátlás | részleges gátlás |
| 6     |          | $19,76 \text{ W/cm}^2 <$ | 60 sec               | teljes gátlás | részleges gátlás | részleges gátlás |
| 7     | 10 cm    | $19,76 \text{ W/cm}^2 <$ | 1 sec                | teljes gátlás | részleges gátlás | nincs gátlás     |
| 8     |          | $19,76 \text{ W/cm}^2 <$ | 10 sec               | teljes gátlás | részleges gátlás | nincs gátlás     |
| 9     |          | $19,76 \text{ W/cm}^2 <$ | 60 sec               | teljes gátlás | részleges gátlás | részleges gátlás |

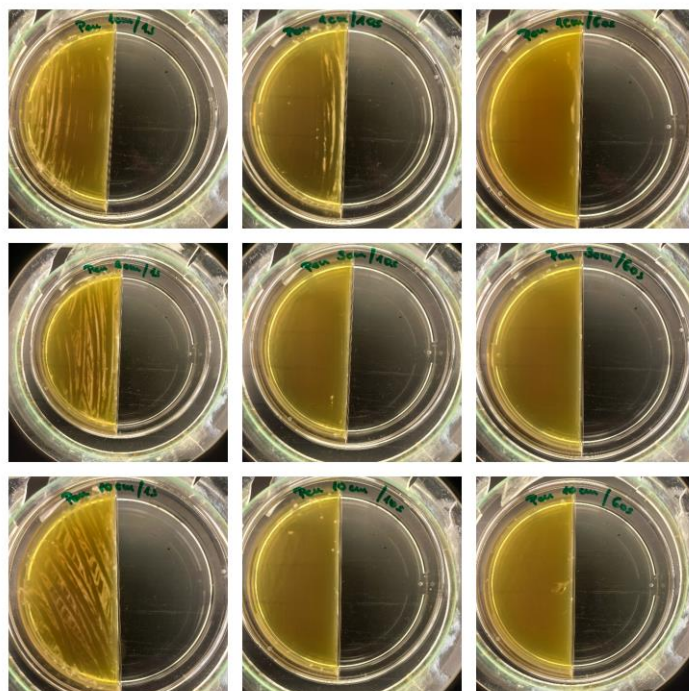
Az UV lámpa a Salmonellánál gyakorlatilag teljes gátlást eredményezett.

Az 1 cm-ről megvilágítás esetén a Salmonella gátlás csak abban a sávban volt látható a táptalajon, ahol az UV fény megvilágította azt. Célszerű nagyobb távolságot alkalmazni, mert az UV hatása így nagyobb felületen érvényesülhet, és így is képes gátló hatást kifejteni. A szalmonellával végzett kísérletek eredményeiéről készült képek az 33. ábrán láthatóak.



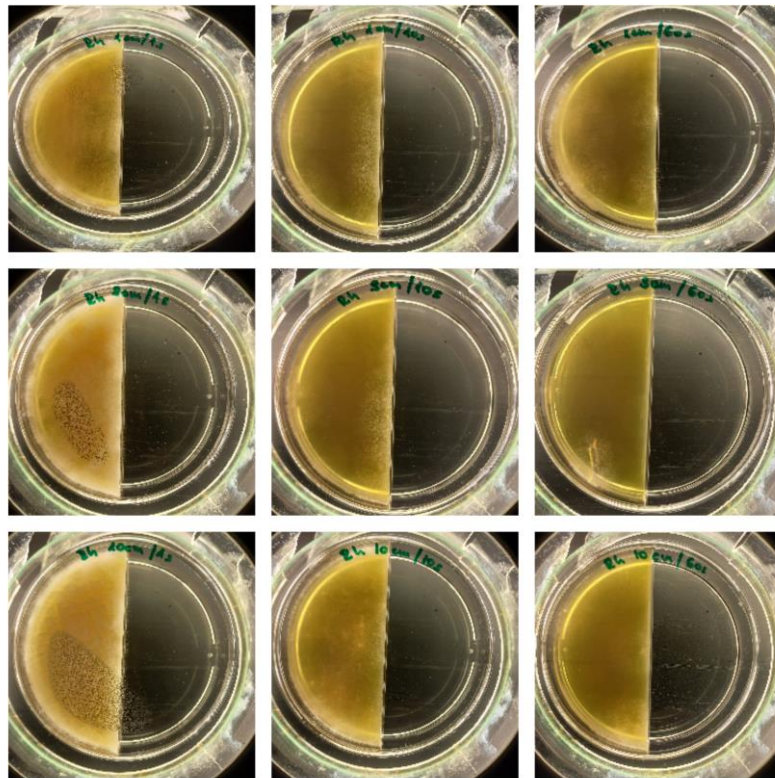
33. ábra A szalmonellával végzett kísérletek eredménye

A penészek ellenállóbbnak bizonyultak a Salmonellánál. A Penicilliumra nézve minden távolság-idő kombinációnál részleges gátlás volt megfigyelhető, ezen kísérlet eredményeiről készült képek a 34. ábrán láthatók.



34. ábra A Penicilliummal végzett kísérletek eredménye

A Rhizopus esetében több esetben nem mutatkozott hatása az UV megvilágításnak, ennek eredményeit pedig a 35. ábra szemlélteti.



35. ábra A Rhizopus esetében végzett kísérletek eredménye

Összefoglalva: Salmonellára hatásosnak bizonyult a használt UV lámpa mindegyik vizsgált távolság-idő kombinációban, azonban penészekre kevésbé volt hatásos. A vizsgált penészek közül a Penicillium bizonyult érzékenyebbnek az UV-val szemben, a Rhizopus ellenállóbbnak bizonyult.

A megvalósított prototípus berendezés mely tartalmazza a vizsgált technológiát, jól vizsgázott a kísérletek során. Az alkalmazott elektronikai védelem meggátolta a működés közbeni nyitást, fény effektus figyelmeztetett a működésre, a fizikai védelem, az oldalait alkotó átlátszatlan lapok, illetve az átlátszó, de a sugárzást át nem engedő plexi lapok a rendeletnek megfelelően biztosították a fizikai védelmet. A szabályzó szervek segítségével a mozgatus időtartama, és intenzitása a kívánalmaknak megfelelően állítható. A berendezés az élelmiszeripari speciális felhasználásnak megfelelően biztosítja, a „szabálytalan 3 dimenziós alakú” (pl. zsemle, kenyér, stb.) termékek besugárzását és vizsgálatát is.

## 6 Következtetések és javaslatok

A kísérletek során igazolásra került, hogy a  $\lambda=222\text{nm}$  hullámhossz előállítására képes Far UV LED képes a baktériumok inaktiválására.

Bebizonyosodott az is, hogy a megtervezett és elkészített prototípus  $\lambda=222\text{nm}/265\text{nm}$  3D ipari fertőtlenítő állomás által kibocsátott sugárzás, képes inaktiválni a vizsgát Salmonella, Penicillium és Rhizopus fajokat. Ezáltal a prototípus segítségével létrehozandó berendezés alkalmas lesz arra, hogy alkalmazásra kerüljön az élelmiszeriparban.

További kísérletek elvégzésére lesz szükség annak érdekében, hogy megállapításra kerüljön, hogy a Penészek esetében mekkora távolság és besugárzási idő szükséges, hogy azok teljes mértékben inaktiválva legyenek. A Szalmonella esetében ez meghatározásra került, hiszen már 10 centiméterről 1 másodperces besugárzási időtartam mellett is teljes mértékben inaktiválódott.

Ha az EU szabályozás változna és különbséget tenne az UVA, UVB és UVC sugárzások között, akkor ezen berendezés védelem nélkül is alkalmas használatra az ember veszélyeztetése nélkül, hiszen az UVC sugárzás nem képes áthatolni a bőr felső rétegén és a szaruhártyán sem.

A prototípus és a rajta végzett kísérletek megalapozzák az ipari továbbfejlesztési irányokat is, hiszen az egyértelmű, hogy maga a prototípus nagytömegű termék esetén nem igazán alkalmas ipari felhasználásra, mert a prototípusba egyesével kell bepakolni a kívánt termékeket, tehát nem automatizált. A pékségben a fertőtleníteni kívánt termékek a hűtő után a tervezett ipari berendezés esetében (várhatóan) – akár átlátszó – futószalagon érkeznek, így a kész fertőtlenítő LED egységeket a futószalag köré kell majd integrálni, hogy a lehetőleg 360°-os besugárzás megvalósuljon (a besugárzandó termék – pl. zsemle vagy kenyér szabálytalan alakja és rücskös felülete miatt). Szükséges lesz annak meghatározása, hogy a fertőtleníteni kívánt termék teljes fertőtlenítéséhez milyen besugárzási intenzitás, időtartam és távolság lesz szükséges. Ezen túl lehet, hogy szükség lesz egy rázó vagy keverő berendezésre, amely biztosítsa azt, hogy míg a zsemlek áthaladnak a berendezésen minden oldalról a megfelelő sugárzás érje őket. Szükség lesz a futószalag optimális sebességének

meghatározására is, melyet az előzőkben említett tényezők figyelembevételével kell végrehajtani.

A végleges berendezés megtervezése során a következő tényezők állandók, melyeket nem lehet megváltoztatni a gyár felépítése miatt:

- A hűtő és a csomagológép közti hely, ahová a berendezésnek be kell majd férnie,
- Az előállított termék darabszáma,
- Az elvárt fertőtlenítés mértéke.

## 7 Összefoglalás

A szakdolgozat témája a Far-UV LED technológiájú emitter egység megvalósítása ipari/gyártósori célokra. A dolgozat egy világszinten is újdonságnak számító, alapkutatói eredményeken alapuló, több kritikus technikai és társadalmi kérdéshez kapcsolódó csúcstechnológiai termék fejlesztéshez kapcsolódó berendezés prototípusának vizsgálatáról és a prototípus megvalósításához szükséges egyik alkatrészének a megtervezéséről szól. A berendezés far-UV ( $\lambda=222\text{nm}$ ) tartományú sugárzást használ a belehelyezett termék fertőtlenítéséhez, ezt gyakorlatilag veszély nélkül lehet baktériumok és vírusok ártalmatlanítására használni, hiszen az UVC sugárzás nem képes áthatolni a bőr felső rétegén és a szaruhártyán sem.

Az elkészült prototípus célja, hogy lehetővé tegye a belehelyezett tárgyak teljes térbeli besugárzását LED-es  $\lambda=222\text{nm}/265\text{nm}$  UVC sugárzással. Így a prototípus alkalmas lesz kísérletek végzésre, hogy segítse a végső berendezés megtervezését. A berendezés ipari, robosztus szerkezeti felépítésű. Az eszköz 230V normál hálózatról üzemeltethető és négy sugárforrás keretszerűen sugározza be a belehelyezett tárgyat. A keretben egy tárgyasztalon forog a tárgy, így a tárgy teljes felülete besugározható és a forgás sebessége változtatható, ez fontos hiszen az esetleges mélyedések, repedések stb. a mozgás miatt biztosabban besugározhatók. A tárgyasztal 18cm átmérőjű körben rézhuzalokkal tartja a tárgyat, hogy a tárgy alját is érje a sugárzás, maximum 30 cm magas tárgy helyezhető bele. A tárgyasztal mechanikusan emelhető/süllyeszthető az optimális távolság beállítása érdekében. A fertőtlenítő ciklus az ajtó nyitásával és zárásával indítható, de külön nyomógombbal is lehetséges.

A szakdolgozat során megtervezésre került a prototípus egyik egyedi alkatrésze Solid Edge program segítségével. Az alkatrész a tárgyasztal forgatását végző fogaskerék volt. Ennek mozgatása villanymotor segítségével történik, melynek állítható a sebessége. Ezen alkatrész modellezése elengedhetetlen volt, hiszen az alkatrész egyedi gyártásban 3D nyomtatással készül ABS műanyagból.

A prototípus alapján készülő végső berendezés a tervek szerint a Ledora Plus Kft. nevű pékségben kerül majd használatba, így elengedhetetlen volt annak meghatározása, hogy a gyártósoron hova fog kerülni a végső berendezés. A cég HACCP-rendszere alapján került

megállapításra, hogy a kész berendezés optimális helye a hűtés és a csomagolás között van a technológiai folyamatban.

Az elkészült prototípussal végrehajtásra került egy kísérlet melyben megvizsgáltuk, a Far UV megvilágítás mikroba inaktiváló hatását Salmonella és penész (Penicillium, Rhizopus) fajokra nézve, különböző besugárzási időtartamok alatt és távolságok mellett, állandó besugárzási intenzitásnál. A kísérlet során Perti csészékben előre kitenyésztett Salmonellát, Penicilliumot és Rhizopust helyeztünk a berendezésbe és különböző távolságokról és ideig besugároztuk őket. A kísérlet eredménye azt volt, hogy Salmonellára hatásos a használt UV lámpa mindegyik vizsgált távolság-idő kombinációban, azonban penészekre ez kevésbé hatásos. A vizsgált penészek közül a Penicillium érzékenyebb volt az UV-val szemben, a Rhizopus ellenállóbbnak bizonyult.

A kísérletekből azok a következtetések kerültek levonásra, hogy a berendezés megfelelő arra, hogy alkalmazásra kerüljön az élelmiszeriparban, viszont további kísérletek szükségesek annak érdekében, hogy megállapításra kerüljön, hogy a Penészek esetében mekkora távolság és besugárzási idő szükséges, azok teljes inaktiválásához.

## 8 Irodalomjegyzék

- 22/2010 (V.7) EüM rendelet. (2010). a munkavállalókat érő mesterséges optikai sugárzás expozícióra vonatkozó minimális egészségi és biztonsági követelményekről.
- Al-Gharabli, S., Engeßer, P., Gera, D., Klein, S., & Oppenländer, T. (2016). Engineering of a highly efficient Xe<sup>2\*</sup>-excilamp (xenon excimer lamp,  $\lambda_{\max} = 172$  nm,  $\eta = 40\%$ ) and qualitative comparison to a low-pressure mercury lamp (LP-Hg,  $\lambda = 185/254$  nm) for water purification. *ScienceDirect*, DOI 10.1016/j.chemosphere.2015.09.012.
- Bauman, H. (1995). The origin and concept of HACCP. *Springer*, DOI 10.1007/978-1-4615-2149-5\_1.
- Bernhardt, G., Madronich, S., Lucas, R., Byrne, S., Schikowski, T., & Neale, R. (2023). Linkages between COVID-19, solar UV radiation, and the Montreal Protocol. *Springer*, DOI 10.1007/s43630-023-00373-w.
- Biniek, K., Levi, K., & Dauskardt, R. (2012). Solar UV radiation reduces the barrier function of human skin. *Panas*, DOI 10.1073/pnas.1206851109.
- Blatchley III, E., Brenner, D., Claus, H., & Cowan, T. (2022). Far UV-C radiation: An emerging tool for pandemic control. *Researchgate*, DOI:10.1080/10643389.2022.2084315.
- Bounanno, M., Welch, D., Shuryak, I., & Brenner, D. J. (2020). Far-UVC light (222 nm) efficiently and safely inactivates airborne human coronaviruses. *Nature*, DOI 10.17605/OSF.IO/KGZAF.
- Bretonneau, Laurent; Tremblais, Karibe; Aubrit, Françoise; Meichenin, Marc; Arnaud, Isabelle;. (2020). Good Manufacturing Practice (GMP) Compliance for Phage Therapy Medicinal Products. *Frontiers*, DOI 10.3389/fmicb.2020.01161.
- Hegedűs, B. (2013). *Élelmiszerbiztonság a vendéglátásban*. Miskolc: Miskolci Egyetem Gazdaságtudományi Kar.
- Holah, J. (2014). Cleaning and disinfection practices in food processing. *Researchgate*, DOI:10.1533/9780857098634.3.259.
- Holló, J., Molnár, P., & Boross, F. (2004). Élelmiszervizsgálati közlemények. *Journal of Food Investigations*.

- Http 1. *Nemzeti Jogszabálytár.* Forrás: <https://njt.hu/jogszabaly/2010-22-20-0B>  
(2023.10.05.)
- Http 10. *Hollandimpex Kft.* Forrás: Hollandimpex hivatalos oldala: [www.germicidlamp.hu](http://www.germicidlamp.hu)  
(2023.10.05.)
- Http 11. *Hollandimpex Kft.* Forrás: Hollandimpex Kft. oldala: <http://www.influenzastop.hu/>  
(2023.10.05.)
- Http 12. *Oktoklima Kft.* Forrás: Oktoklima Kft. honlapja: <https://www.oktoklima.hu>  
(2023.10.05.)
- Http 2. *American Conference of Governmental Industrial Hygienists.* Forrás: American Conference of Governmental Industrial Hygienists hivatalos honlapja: <https://www.acgih.org> (2023.10.05.)
- Http 3. *Coligroup SPA.* Forrás: Coligroup SPA cég honlapja: <https://www.colimatic.com/en/machinery-range/vacuum-machines/packaging-and-vacuum-omega-800/> (2023.10.05.)
- Http 4. *HydroFLOW Magyarország Kft.* Forrás: <https://twinoxide.hu/>:  
[https://twinoxide.hu/?gclid=CjwKCAiA9qKbBhAzEiwAS4yeDVBDnNLhQaIZAdkIKPc5uC4kSckWdaLqCs9OiYA\\_fOZokLvzaCTRzxoC8ewQAvD\\_BwE](https://twinoxide.hu/?gclid=CjwKCAiA9qKbBhAzEiwAS4yeDVBDnNLhQaIZAdkIKPc5uC4kSckWdaLqCs9OiYA_fOZokLvzaCTRzxoC8ewQAvD_BwE) (2023.10.05.)
- Http 5. *Karjalan Valaistuspalvelu Oy.* Forrás: Karjalan Valaistuspalvelu Oy web oldala: <https://karjalanvalaistuspalvelu.fi/en/far-uv-calc> (2023.10.05.)
- Http 6. *Ledora Plus Kft.* Forrás: Ledora Plus Kft. hivatalos weboldala: <https://ledoraplus.hu/>  
(2023.10.05.)
- Http 7. *Membron Engineering Víztechnológiai Kft.* Forrás: Membron Engineering Víztechnológiai Kft. honlapja: <https://membron.hu/Products/uv.htm> (2023.10.05.)
- Http 8. *Springer.* Forrás: Springer hivatalos weboldala: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4684-2475-1\\_5](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4684-2475-1_5) (2023.10.05.)
- Http 9. *US Government CDC.* Forrás: US Government CDC hivatalos honlapja: <https://www.cdc.gov/nceh/radiation/ultraviolet.htm> (2023.10.05.)

- István, S. (2019). Higiéniai rendszerek jelentőseége a húsipari minőségbiztosításban (Doktori (PhD) disszertáció). Mosonmagyaróvár.
- Kiss, I. (2010). *Élelmiszerbiztonság - takarítás*.
- Moreman, F., & Mager, K. (2016). Chapter 35 - Cleaning and Disinfection in Dry Food Processing Facilities. *Sciencedirect*, DOI 10.1016/B978-0-08-100155-4.00035-2.
- Papné Szabó, I. (2010). *Búzakenyerek*. Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet.
- Schitz, D., Ivankov, A., & Pismenyi, V. (2019). Excimer Lamp for Dermatology. *Iopscience*, DOI 10.1088/1742-6596/1172/1/012052.
- Szalma, I. (2019). Higiéniai rendszerk jelentőseége a húsipari minőségbiztosításban (Doktori (PhD) disszertáció). Mosonmagyaróvár.
- Szeitzné Dr. Szabó, M. (2003). *HACCP ismeretek és közegészségügyi előírások az Európai. Kereskedelmi és Idegenforgalmi Továbbképző Kft.*
- Testo (Magyarország) Kereskedelmi Kft. - kiadány. (2016. szeptember). Testo (Magyarország) Kereskedelmi Kft. *Élelmiszer-biztonsági kisokos*. Testo (Magyarország) Kereskedelmi Kft.

## 9 Ábrák jegyzéke

|                                                                                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. ábra Sütőipari technológia fő lépései .....                                          | 9  |
| 2. ábra Alapanyag tároló .....                                                          | 10 |
| 3. ábra Dagasztó gép .....                                                              | 11 |
| 4. ábra Pihentető helyiség .....                                                        | 10 |
| 5. ábra Kenyérformázó berendezés .....                                                  | 11 |
| 6. ábra Kelesztő kamra .....                                                            | 10 |
| 7. ábra Kemence.....                                                                    | 11 |
| 8. ábra Fagyasztó kamra.....                                                            | 12 |
| 9. ábra CCP döntési fa (vitae.hu).....                                                  | 15 |
| 10. ábra Colinatic Omega csomagoló gépe (Coligroup SPA, 2023).....                      | 19 |
| 11. ábra Minta rendszer – a.) fizikai és b.) elektronikai védelem .....                 | 21 |
| 12. ábra KVP-GM-FUV-150 lámpa (Http 5) .....                                            | 27 |
| 13. ábra A vizsgálat eredménye 1 m távolságból (Http 5) .....                           | 28 |
| 14. ábra A vizsgálat eredménye 1,5 m távolságból (Http 5) .....                         | 28 |
| 15. ábra A vizsgálat eredménye 2 m távolságból (Http 5) .....                           | 29 |
| 16. ábra A vizsgálat eredménye 2,5 m távolságból (Http 5) .....                         | 29 |
| 17. ábra A LED-ek helytakarékos hűtése a burkolaton .....                               | 34 |
| 18. ábra Robosztus szerkezeti felépítés .....                                           | 34 |
| 19. ábra Tárgyasztal forgatómechanizmusa .....                                          | 35 |
| 20. ábra A tárgy mozoghat is.....                                                       | 34 |
| 21. ábra Tárgyasztal mechanikusan emelhető, süllyeszthető a tetején lévő forgatógombbal | 35 |
| 22. ábra Kezelőszervek az előlapon (sebesség, indítás, bekapcsolás) .....               | 36 |
| 23. ábra Zöld belső világítás esetén nincs sugárzás.....                                | 35 |
| 24. ábra Pirosbelső világítás esetén sugárzás van, de ajtónyitásra kikapcsol .....      | 36 |
| 25. ábra - Tervező ablak és beállítás .....                                             | 39 |
| 26. ábra - 3D modell az elkészült alkatrészeiről.....                                   | 39 |
| 27. ábra - Fogaskerék terv .....                                                        | 40 |
| 28. ábra Ipari fertőtlenítő állomás .....                                               | 41 |
| 29. ábra - A pékség folyamat ábrája a fertőtlenítéssel kiegészítve .....                | 42 |

|                                                                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 30. ábra Far UV megvilágításhoz előkészített Petri csészék Salmonella beoltással. A letakart Petri csésze terület szolgált kontroll mintaként..... | 44 |
| 31. ábra Salmonellával beoltott táptalajok UV megvilágítás alatt.....                                                                              | 44 |
| 32. ábra Penésszel beoltott táptalajok az UV megvilágítás alatt.....                                                                               | 44 |
| 33. ábra A szalmonellával végzett kísérletek eredménye.....                                                                                        | 46 |
| 34. ábra A Penicilliummal végzett kísérletek eredménye.....                                                                                        | 46 |
| 35. ábra A Rhizopus esetében végzett kísérletek eredménye .....                                                                                    | 47 |

## 10 Táblázat jegyzék

|                                                                                                            |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. táblázat: UV-sugárzás alkategóriái (Saját készítés a hivatkozott /CDC/ adatok alapján) ....             | 22 |
| 2. táblázat: Pivot tábla (Http 5) .....                                                                    | 30 |
| 3. táblázat: A mikroorganizmusok elpusztításához szükséges UV-sugárzás dózisának értéke (membron.hu) ..... | 32 |
| 4. táblázat: Távolság/UV megvilágosítási idő.....                                                          | 44 |
| 5. táblázat Mérési eredmények összegzése.....                                                              | 45 |

## NYILATKOZAT

### a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió<sup>1</sup> nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Dely Ádám  
A Hallgató Neptun kódja: EWNWGI  
A dolgozat címe: Far-UV LED technológiájú emitter egység  
megvalósítása ipari/gyártósori célokra  
A megjelenés éve: 2023  
A konzulens intézetének neve: Műszaki Intézet  
A konzulens tanszékének a neve: Mezőgazdasági és Élelmiszeripari Gépek Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemitulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: Budakalász, 2023 év október hó 27 nap

Dely Ádám

Hallgató aláírása

## NYILATKOZAT

Dely Ádám (hallgató Neptun azonosítója: EWNWGI) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot<sup>1</sup> áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védeésre javaslom / nem javaslom<sup>2</sup>.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem<sup>\*3</sup>

Kelt: Gödöllő, 2023. év november hó 02 nap



belső konzulens

---

<sup>1</sup> A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

<sup>2</sup> A megfelelő aláhúzendő.

<sup>3</sup> A megfelelő aláhúzendő.