



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Tämä on alkuperäisen artikkelin rinnakkaistallenne (kustantajan versio).

Viite:

Wirtanen, G., & Närvä, M. (2024). Ruokaturvallisuuden huomioiminen yhteistyörobottien suunnittelussa. *Elintarvike ja terveys*, 38(1), 26–32.



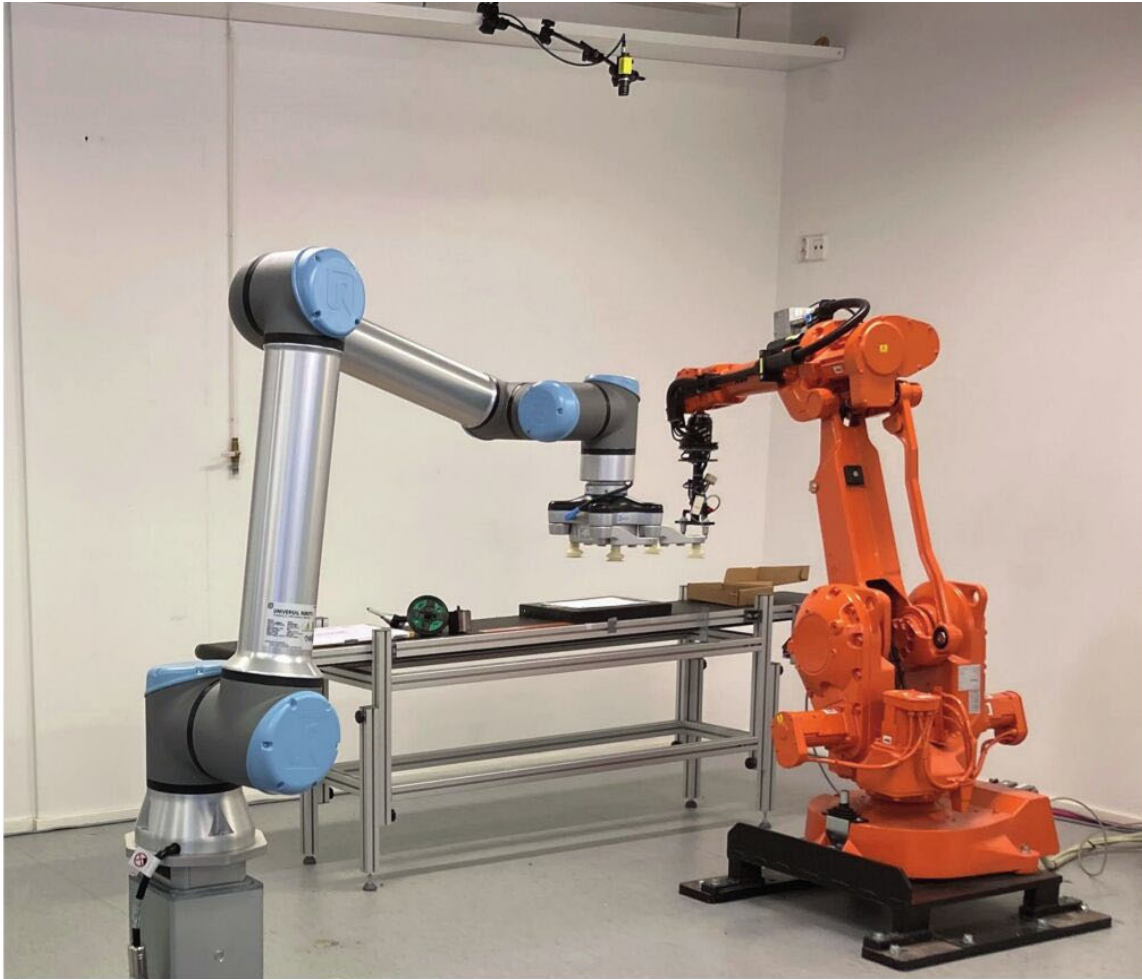
Gun Wirtanen, erityisasiantuntija (ruokaturvallisuus)
Margit Närvä, yliopettaja

SeAMK, Seinäjoki

Ruokaturvallisuuden huomioiminen yhteistyörobottien suunnittelussa

Töysän Säästöpankkisäätiön tutkimusrahaston rahoittaman Yhteistyörobotit – ruokaturvallisuus ja tuottavuus -hankkeen yhtenä tavoitteena oli arvioida yhteistyörobottien hygieenisyyttä sekä pintamateriaalien että rakenteiden osalta. Tällä hetkellä yhteistyörobotit soveltuvat elintarviketeollisuudessa pakattujen tuotteiden käsittelyyn. Yhteistyörobottien ruokaturvallisuuteen tulee tulevaisuudessa kiinnittää huomiota, jotta yhteistyörobottisovelluksissa voidaan taata sekä mikrobiologinen että kemiallinen ruokaturvallisuus pakkaamattomien elintarvikkeiden käsittelyssä. Pitää siis huolehtia myös siitä, että yhteistyörobotit oheistarvikkeineen ovat suunniteltuja siten, että ne kestävät elintarviketeollisuuden pesuprosessit. Lisäksi prosessilaitteiden ympärillä pitää olla riittävästi tilaa, jotta puhdistus- ja huoltotoimenpiteet saadaan tehtyä mahdollisimman helposti.

Ruokaturvallisuus on kaikkien elintarvikeketjussa toimivien yhteisvastuulla. Tuotteiden valmistuksessa tarvitaan hyvälaatuisia raaka-aineita ja laadukkaita apuaineita mm. juomakelpoista vettä, jäätä juomakelpoisesta vedestä, kuumaa pesuvettä, puhdasta höyryä, suodatettua ilmaa yms. Lisäksi välineiden, suojien, laitepintojen ja laitteiden tulee olla puhtaita. Puhdistuksen päätavoitteena on saada elintarvikejäämät ja mikrobit poistettua elintarvikepinnoista. Hygienian kannalta ongelmalliset laitteet vaihtelevat eri elintarviketeollisuuden aloilla; yleisesti ottaen kuljettimet, viipalointi- ja kuutiointikoneet, levylämmönvaihtimet, täyttökoneet, pakkauslaitteet, tankit ja erilaiset putkistot ovat ongelmallisia. Mitä enemmän laitteessa, esimerkiksi yhteistyörobotissa, on vaikeasti puhdistettavia liitoskohtia, sitä enemmän liialla on mahdollisuuksia kertyä liitoksiin pesuista huolimatta. Hygieenisen laitesuunnittelun perusohjeet löytyvät



Yhteistyörobotit (vasemmalla) ja perinteiset teollisuusrobotit (oikealla) lähestyvät ominaisuuksiltaan toisiaan. Kuva: Margit Närvä.

elintarvikehygienia-asetuksesta, konedirektiivistä, European Hygienic Engineering & Design Group:in yleisohjeista ja kansainvälisestä lainsäädännöstä. Elintarvikelakia 297/2021 sovelletaan mm. elintarvikevalmistukseen tuotanto-, jalostus- ja jakeluvaiheissa. EN-standardissa ”Elintarvikekoneet. Perusteet. Osa 2: Hygieniavaatimukset” (EN 1672-2:2020) on myös sekä hygieni- että puhdistettavuusohjeita, joita voi seurata suunniteltaessa yhteistyörobotteja.

Yhteistyörobottien suunnittelussa tulee huomioida materiaalivalinnat, rakenteiden suunnittelu ja puhdistettavuus. Ne vaikuttavat sekä kemiallisiin että mikrobiologisiin riskeihin elintarvikeprosesseissa. Mikäli laitteiden toiminnalliset suunnitteluperiaatteet ovat ristiriidassa laitteiden hygieenisyyden kanssa, hygieeniset periaatteet ovat tärkeämmässä asemassa, jotta

voidaan taata turvallisten elintarvikkeiden valmistus. Laitteiden hygieenisen suunnittelun pitää perustua Euroopan parlamentin ja neuvoston julkaisemiin direktiiveihin ja asetuksiin, mm. konedirektiiviin (2006/42/EY), kontaktimateriaaleja koskevaan kehysasetukseen (1935/2004/EY) ja elintarvikehygienia-asetukseen (852/2004/EY). Uusi koneasetus (2023/1230/EU) on tullut voimaan 19.7.2023 ja sen soveltaminen alkaa 14.1.2027. Konedirektiivi on päädokumentti 13.1.2027 saakka.

Vaarat ja riskit

Ruokaturvallisuudesta puhuttaessa on hyvä tuntea vaaran ja riskin määritelmät. Vaara on jotakin, josta voi aiheutua kuluttajalle haittaa ja riski taas koostuu vaaran todennäköisyydestä ja voimakkuudesta.



*Mitä enemmän
laitteessa, esimerkiksi
yhteistyörobotissa, on
vaikeasti puhdistettavia
liitoskohtia, sitä enemmän
liialla on mahdollisuuksia
kertyä liitoksiin pesuista
huolimatta.*

Yhteistyöroboteihin voi liittyä fysikaalisia, kemiallisia tai mikrobiologisia vaaroja, mikäli laitteen huoltotoimenpiteitä laiminlyödään. Fysikaaliset vaarat liittyvät yleensä raaka-aineiden mukana luonnosta tullessiin paloihin, kuten kiviin, soraan ja puupaloihin, tai laitteistosta irronneisiin esineisiin, kuten ruuveihin ja tiivisteisiin. Kemialliset vaaratekijät ruoissa liittyvät yleensä raaka-aineisiin tai prosessointiin. Mikrobiologiset vaaratekijät liittyvät elintarviketilajäihin ja -patogeeniin joko laitepinnoilla tai elintarvikemassassa. Patogeeniset mikrobit voivat aiheuttaa kuluttajissa sairastumisia joko elävien solujen tai tuottamiensa myrkyllisten aineenvaihduntatuotteiden välityksellä.

Kemiallinen ruokaturvallisuus

Tuotantolinjoissa ja -laitteissa on käytettävä sellaisia materiaaleita, joista ei irtoa mitään käsiteltäviin elintarvikkeisiin. Prosessoinnissa syntyvät aineet voivat olla myrkyllisiä. Pesukemikaalijäämiä ei saa jättää tuotantolinjan pinnoille, vaan puhdistus pitää lopettaa tehokkaalla huuhtelulla.

Yhteistyöroboteja voidaan hyödyntää al-

lbergisoivia aineita käsiteltäessä. Allergisoivia ruoka-aineita käsitellessä pintoja pitää puhdistaa tarkasti, ettei allergeenijäämiä siirry pinnasta toiseen ja siten tuotteisiin. Monet hedelmät voivat aiheuttaa siitepölyallergisille reaktioita, eli laitteiden puhdistus on tässäkin tapauksessa hyvin tärkeää. EU-asetuksessa 1169/2011 mainitut allergiaa ja intoleransseja aiheuttavat aineet on ilmoitettava sekä pakatuissa että pakkaamattomissa elintarvikkeissa. Ruoka-allergiaa ja -intoleranssia aiheuttavat ainesosat pitää aina ilmoittaa nimellä. Aineen kemiallinen luokituskoodi ei ole riittävä, vaikkakin ilmoitustapa on kemiallisesti pätevä.

Mikrobiologinen ruokaturvallisuus

Prosesseja pitää suojella ulkoisilla ja sisäisillä rakenteilla mikrobeista, tuholaisista, muista vierasesineistä ja kemiallisista aineista. Elintarviketeollisuudessa ensimmäinen askel hygienian parantamiseen on tunnistaa hygieniaongelmat prosesseissa tai prosessilinjoilla. Täten tarvitaan käytäntöön soveltuvia nopeita menetelmiä mikrobin ja orgaanisen lian määrittämiseksi laite- ja

prosessipinnoilta, jotta voidaan optimoida laitteiden puhdistusta ja tarkastaa puhdistuksen tehokkuutta. Käytännön hygienia-seurantamenetelmät perustuvat edelleen lähinnä perinteisiin viljelymenetelmiin, joissa mikrobinäyte otetaan tutkittavasta pinnasta vanutupolla, sideharsotaitoksella tai teipillä, tai painamalla valittua ravintoalustaa pintaan. Saantoa pinnoilta voidaan parantaa kostuttamalla pintaa steriilillä vedellä tai pinta-aktiivista ainetta sisältävällä liuoksella ennen näytteenottoa. Mikrobiologiset menetelmät perustuvat kontaktimalja-, kastolevy- tai teippinäytteenotto-tekniikkaan. Kemialliset pikamenetelmät hygieniamäärittämisessä perustuvat esim. ATP- ja proteiiniäämämittauksiin.

Keskeiset pintamateriaalit ja rakenteet

Kehysasetus (EY) 1935/2004 koskee kaikkia elintarvikkeiden kanssa kosketukseen tulevia materiaaleja. Kosketus voi olla joko suora, mikä tarkoittaa, että materiaali on kosketuksissa pakkaamattomiin elintarvikkeisiin, tai välillinen, mikä tarkoittaa, että materiaali on kosketuksissa pakattuun tuotteeseen. Vaatimustenmukaisuusilmoituksessa tulee vähintään täyttää EU-asetuksen 1935/2004 vaatimukset. Materiaalikohtaisen lainsäädännön täyttämiseksi tulee olla maininta turvallisuusreferenssistä, ja jos sellaista ei ole, pitää viitata johonkin muuhun referenssiin. Materiaalikohtaiset vaatimukset on säädetty erityislainsäädännössä esimerkiksi muoviasetuksessa (EU) 10/2011.

Asetus (EY) 2023/2006 velvoittaa kaikkia kontaktimateriaalialalla toimivia ylläpitämään hyviä tuotantotapoja. Elintarvikekontaktimateriaalit pitää voida jäljittää yleisen elintarvikeasetuksen (EY) 178/2002 mukaisesti eli mistä materiaalit ovat tulleet ja minne niitä on toimitettu. Jokaisen toimijan elintarvikeketjussa pitää tietää aineiden kulku prosessissa tekijältä toiselle eli yksi askel taaksepäin ja yksi askel eteenpäin.

Tällä toiminnalla mahdollistetaan tehokas takaisinvento.

Teräspinnan tasaisuutta voidaan käsitellä monella pintakäsittelymenetelmällä ja täten ruostumaton teräs on eräs yleisimmistä rakennemateriaaleista elintarvikelaitteissa. Mitä tasaisempi pinta on, sitä helpompi siitä on irrottaa mikrobikasvua. Tiivistepinnat elastomeereista ja kumeista voivat altistaa mikrobien kasvulle, ja jotkut mikrobit käyttävät jopa kumia energialähteenä kasvaakseen. Nivelet, ruuvit, kierteet, mutterit, pultit ja myös tiivisteet ovat paikkoja, joihin lika voi kertyä ja biofilmi muodostua. Konedirektiivin 2006/42/EY mukaan prosessilinjojen ja -laitteiden puhdistus on helpohkoa, kun pinnat ovat hyvin suunniteltuja ja hyväkuntoisia ilman rakoja, halkeamia, jyrkkiä kulmia ja kuolleita alueita.

Yhteistyörobotti koostuu kolmesta pääosasta: käsivarsi, päätetyökalu ja käyttöjärjestelmä. Yhteistyörobotissa on yleensä yksi tai kaksi kuusi- tai seitsemännivelistä käsivartta, joiden nivelkohdissa on rakoja tai koloja. Nämä kohdat ovat tavallisesti haasteellisia puhdistaa. Yhteistyörobottiin voidaan asentaa lisäosia ja niiden suunnittelussa on huomioitava, että osat eivät saa sisältää teräviä kulmia, koloja ja uria, ja lisäksi pintojen tulee olla sileitä.

Yhteistyöroboteissa käytetyt metallit

Yhteistyörobotit ovat rakennettuja ruostumattomasta teräksestä, alumiinista ja muovista. Metallin kontaktimateriaalina tulee täyttää EU:n kehysasetuksen 1935/2004 vaatimukset. Mikäli metalleille ei ole materiaalikohtaista erityislainsäädäntöä, on turvallisuusreferenssit haettava muualta, esimerkiksi Euroopan neuvoston suosituksesta elintarvikekontaktiin tulevista metalleista. Norden metalliohjeesta voidaan tarkastella muiden metallien raja-arvoja ja hakea tietoa metallien haitallisuudesta ja käyttökohteista. Kun kontaktimateriaa-



Kuvituskuva.

leille ei ole omaa lainsäädäntöä, Suomessa voidaan hyväksyä turvallisuusreferenssinä jonkun muun EU-maan kansallinen materiaali-kohtainen lainsäädäntö.

Sekä ruostumattomalle teräkselle että alumiinille elintarvikekäytössä on olemassa myös Euroopan aineyhdistyksiens julkaisuja ja standardeja, joita voi käyttää metallien elintarvikesopivuusasioissa. Tietoa alumiinista löytyy standardista UNI EN 602:20074. Alumiinia ei pidä käyttää happamien elintarvikkeiden käsittelyssä. Alumiinia ja terästä ei tule käyttää yhdessä, koska alumiinin ja teräksen välille syntyy ns. sähköpari, jonka seurauksena jalompi metalli syövyttää epäjalompaa metallia. Mitä suurempi jännite-ero metallien välillä on, sitä suurempi on epäjalomman metallin syöpyminen. Metallien jännitesarja osoittaa, että alumiini on epäjalompi metalli ja alumiini liukenee, kun

se joutuu kosketukseen teräksen kanssa.

Teräksen valmistajan on osoitettava materiaalin turvallisuus ja sopivuus elintarvikekäyttöön. Ruostumattomat teräslaadut on pitkälti standardisoitu. Teräs on valmistettu raudasta, kromista ja hiilestä ja tietyt teräkset sisältävät myös nikkeliä ja molybdeeniä. Lisäksi pitää mainita, millaiseen elintarvikekosketukseen materiaali soveltuu. Suomen kansallisen raskasmetallipäätöksen 268/1992 (KTM) mukaan raskasmetallien, kuten nikkelin, kadmiumin, lyijyn ja kromin, siirtyminen kontaktimateriaaleista tulee olla tutkittu.

Muovit kontaktimateriaaleina yhteistyöroboteissa

Materiaalien valinnassa on hyvä arvioida käyttötarkoitusta ja materiaalin kestävyyt-

tä, kuten millainen kasvualusta muovimateriaali on mikrobille. Muovimateriaalin käyttötarkoitus määräytyy koostumuksen mukaan. Muoviasetuksen (10/2011) liitteessä I on listattu monomeerejä, lisäaineita ja muita lähtöaineita, joita saa käyttää elintarvikkeiden kanssa kosketukseen tarkoitettun muovimateriaalin valmistuksessa. Muoviasetus koskee mm. yksikerroksisia ja monikerroksisia muovimateriaaleja sekä muovikerroksia monikerroksisissa kontaktimateriaaleissa. Muovilaatuja on seitsemän, joista jokaisella on eri ominaisuuksia ja jotka on tehty eri raaka-aineista. Elintarvikelaatuun sopivista muoveista suositeltavimpia ovat esimerkiksi muovilaadut 2 high density polyetylene (HDPE), 4 low density polyetylene (LDPE) ja 5 polypropene (PP). Polymeerin tyyppi määräytyy monomeerin mukaan. Elintarvikkeen kanssa kosketukseen tulevien kierrätysmuovitarvikkeiden on oltava kemiallisesti ja mikrobiologisesti turvallisia. Kierrätysmuoviasetus (EU) 1616/2022 tuli voimaan 10.10.2022.

Puhdistuvuus

Kemiallinen ja mikrobiologinen kontaminaatio voi tapahtua esimerkiksi koneiden voiteluaineista, letkuissa seissestä vedestä, prosessoitavista raaka-aineista, kontaminoidusta pesuaineliuksesta yms. Elintarvikekontaktimateriaalien puhdistettavuus on tärkeä tekijä elintarviketurvallisuutta ajatellen. Puhdistuksen päätavoitteena on saada elintarvikejäämät ja mikrobit poistettua tuotantopinnoilta sekä estää mahdollisen biofilmin muodostuminen pinnoille/laitteisiin. On hyvä valita ominaisuuksiltaan tiiviitä, sileitä ja lisäksi korroosion- ja ruosteenkestäviä materiaaleja puhdistettavuutta ajatellen. Yhteistyörobottien käsivarteen kiinnitettyjen työkalujen puhdistuvuus on keskeinen käsiteltäessä pakkaamattomia elintarvik-

keita hygieenisesti. On myös muistettava, että muovien puhdistus on työläämpää kuin metallien.

Yhteistyörobottien ruokaturvallisuuteen liittyvien opinnäytetöiden tuloksia

Haapala (2023) vertaili teräksen ja yhteistyörobottien nivelsuojien puhdistettavuutta. Tulosten mukaan testattujen teräspalojen puhdistettavuus oli parempi kuin vastaavat tulokset nivelsuojilla. Puhdistuksen jälkeen otetut testit osoittivat, että nivelsuoja puhdistui heikommin kuin teräs. Nivelsuojapinnat vaikuttivat pesun jälkeen hieman rasvaisilta verrattuna ruostumattomiin teräspintoihin, jotka vaikuttivat puhtailta eli niihin ei ollut jäänyt rasvaisia jäämiä. Tuloksista voidaan myös päätellä, että lian kuivuminen ja kertyminen pintaan heikentää puhdistettavuutta. Useamman päivän likaaminen heikensi saatuja puhdistettavuuden tuloksia huomattavasti.

Korkeampaa hygieniää vaativissa tehtävissä yhteistyörobotin toimenkuva voi esimerkiksi liittyä raaka-aineiden siirtämistä lopputuotteeseen, jolloin raaka-ainetta voi jäädä yhteistyörobotin rakenteisiin. Jäämät voivat aiheuttaa ruokaturvallisuusvaaroja kuten allergeenista ristikontaminoitumista tai mikrobien pesiytymistä. **Korkiamäen ja Samppalan** (2023) opinnäytetyön tulokset tukevat sitä, että yhteistyörobottien rakennetta ja puhdistettavuutta täytyisi kehittää, jotta ne sopisivat korkeamman hygienian tehtävissä elintarviketurvalliseen työskentelyyn. Rosoisuuden takia yhteistyörobotit voivat olla ongelmallisia elintarviketurvallisuuden kannalta. Joidenkin osien muodot sekä matalahko vesitiiviysluokitus tekevät puhdistettavuudesta haastavaa. Ruuvit, niiden liitoskohdat ja käsivarren pää ovat hankalia puhdistaa muotojensa puolesta. Myös johdotus voi hankaloittaa puhdistettavuutta. Päätetyökalun vesitiiviys, joka voi olla

jopa yhteistyörobotin tiiveyttä matalampi, on myös otettava huomioon. Rakenteen epätasaisuudet ja johdotukset voivat aiheuttaa merkittäviä elintarviketurvallisuusriskejä. Kertakäyttöisten suojauskujen käyttö voi toimia parannusvaihtoehtona, mutta myös suojaapuvut voivat toimia kontaminaatiolähteinä. Näiden tulosten perusteella voidaan todeta, että yhteistyörobottien rakenteessa ja niiden puhdistettavuudessa on vielä kehitettävää elintarviketurvallisuuden näkökulmasta.

Lähteet

- Aarnisalo, K. (2008). Equipment hygiene and risk assessment measures as tools in the prevention of *Listeria monocytogenes* -contamination in food processes. VTT publications 669. <http://urn.fi/urn:nbn:fi:tkk-011103>.
- Elintarvikehygieniasetus (EY) N:o 852/2004
- Elintarviketietoasetus (EU) 1169/2011
- Elintarvikelaki 297/2021
- Elintarviketeollisuusliitto. (2018). Elintarvikkeiden kontaktimateriaaliohje. www.etl.fi/wp-content/uploads/2023/08/kontaktimateriaaliohje-1.6.2018.pdf
- Euroopan tilintarkastustuomioistuin (2019). Erityiskertomus nro 2/2019: Elintarvikkeiden kemialliset vaarat: EU:n elintarviketurvallisuuspolitiikka suojelee meitä, mutta siihen liittyy haasteita. <https://op.europa.eu/webpub/eca/special-reports/food-safety-2-2019/fi/>
- European Hygienic Engineering & Design Group, EHEDG (2023). EHEDG Guidelines. <https://www.ehedg.org/guidelines-working-groups/guidelines/guidelines>
- Haapala, S. (2023). Yhteistyörobottien materiaalien puhdistettavuus. [AMK-opinnäytetyö, Seinäjoen ammattikorkeakoulu]. Theseus. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2023051110151>
- Hannuksela, M. & Mäkinen-Kiljunen, S. (2007). Ristiin reagoivat ruoka-allergeenit. Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim 123(16):1955-62. <https://www.duodecimlehti.fi/duo96689>
- Holah, J., Lelieveld, H.L.M. & Gabric, D. toim. (2016). Handbook of Hygiene Control in the Food Industry. 2. painos
- Kehysasetus (EY) 1935/2004
- Koneasetus 2023/1230/EU
- Konedirektiivi 2006/42/EY
- Korkiamäki, S. & Samppala, P. (2023). Yhteistyörobottien rakenne ja puhdistettavuus. [AMK-opinnäytetyö, Seinäjoen ammattikorkeakoulu]. Theseus. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-202305098807>
- Muoviasetus (EU) 10/2011
- SFS-EN 1672-2:2020. Food processing machinery. Basic concepts. Part 2: Hygiene and cleanability requirements. <https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/1/957147html.stx>
- Standard Store by Accuris. (2007). Aluminium and aluminium alloys - wrought products - chemical composition of semi-finished products used for the fabrication of articles for use in contact with foodstuff (UNI EN 602:2007)
- Suomi, J., Uusitalo, L., Suominen, K., Hirvonen, T., Heikkinen, T. & Tuominen, P. (2021). Ruoan tärkeimmät vierasaineet Suomessa – terveystriskit ja tiedonpuutteet. Ruokaviraston tutkimuksia 1/2021. https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/yhteisot/riskinarviointi/projektit/ruokaviraston_tutkimuksia_1_2021_220921.pdf
- Universal Robots. (2022). 10 cobot components – and how they can revolutionize your business. Universal Robots Blog. <https://www.universal-robots.com/blog/10-cobot-components-and-how-they-can-revolutionize-your-business/>
- Wirtanen, G. & Salo, S. (2004). DairyNET – Hygiene control in Nordic dairies, VTT Publ. 545, Espoo: Otamedia Oy
- Yleinen elintarvikeasetus (EY) 178/2002
- Yleinen hygieniasetus (EY) 852/2004 ■