



# Kvalitetskontroll inom livsmedelsindustrin

## Automatiska röntgenmaskiner inom livsmedelsindustrin

Anna Albrecht

Lärdomsprov

Process- och materialteknik

2024

# Lärdomsprov

Anna, Albrecht

Kvalitetskontroll inom livsmedelsindustrin. Automatiska röntgenmaskiner inom livsmedelsindustrin.

Yrkeshögskolan Arcada: Process- och Materialteknik, 20204.

## Uppdragsgivare:

Finnvacum Oy Ab

## Sammandrag:

Denna studie undersöker användningen av automatiska röntgenmaskiner inom livsmedelsindustrin med fokus på kvalitetskontroll av köttbullar. Ett ökat behov av att säkerställa livsmedelssäkerhet och kvalitet har lett till en ökad användning av dessa maskiner. För att förstå behovet och lagkraven för kvalitetskontroll inom livsmedelsindustrin har en litteraturgenomgång genomförts. Lagstiftningen ställer höga krav på livsmedelsproducenter, och kvalitetskontroll är avgörande för att säkerställa överensstämmelse. Studien utfördes med hjälp av en Mettler Toledo röntgenmaskin Safeline X12. En förundersökning genomfördes för att välja lämpliga livsmedelsprodukter för experimenten. Köttbullar valdes som föremål för de vetenskapliga experimenten. Begränsande faktorer för kvalitetskontrollen identifierades, inklusive förpackningarnas påverkan och möjliga störningsfaktorer som exempelvis metallclips. Genom experimenten utvärderades olika sätt att säkerställa kvaliteten på förpackningar med köttbullar. Testkörningar genomfördes med olika föremål, såsom certifierade testkort av varierande densitet och material. Resultaten visade att genomlysning av köttbullar i ett skikt gav de bästa resultaten. Trots detta gav flerskiktsskontroll också tillräckligt goda resultat för att man kan rekommendera genomlysning efter förpackningsstadiet, för att minska risken för kontaminering efter kvalitetskontrollen. För att ytterligare förbättra kvalitetskontrollen föreslogs att även svetsytorna på förpackningarna och vikten av produkterna kan kontrolleras. Dessutom rekommenderas användning av vision-system för att kontrollera förpackningarnas märkningar och olika komponenter. Diskussionen omfattar också andra kvalitetskontrollmetoder som metalldetektion och skyddsgaskontroll. Slutligen betonades vikten av att överväga olika faktorer vid valet av kvalitetskontrollmetoder inom livsmedelsindustrin för att säkerställa livsmedelssäkerheten och kvaliteten. Denna abstrakt belyser användningen av automatiska röntgenmaskiner för kvalitetskontroll av livsmedel, med särskild fokus på köttbullar. Studien utforskade behovet,

lagkraven, och begränsningarna för kvalitetskontroll inom livsmedelsindustrin, samt utförde praktiska och vetenskapliga experiment för att utvärdera effektiviteten hos dessa maskiner. Resultaten indikerar att genomlysning efter förpackningsstadiet är att föredra för att säkerställa livsmedelssäkerheten, och att köttbullar som produkt lämpar sig ypperligt för denna kvalitetskontroll process. Dessutom föreslås ytterligare kvalitetskontrollåtgärder för att förbättra processen.

### **Nyckelord:**

Finnvacuum Oy Ab

Kvalitetskontroll

Livsmedel

Röntgen

Föroreningar

Säkerhet

# Degree Thesis

Anna, Albrecht

Quality control in the food industry. Automatic x-ray machines in the food industry.  
Arcada University of Applied Sciences: Materials and Processing Technology, 2024.

## Commissioned by:

Finnvacum Oy Ab

## Abstract:

This study investigates the use of automatic X-ray machines in the food industry with a focus on quality control of meatballs. An increased need to ensure food safety and quality has led to an increased use of these machines. To understand the need and legal requirements for quality control in the food industry, a literature review has been conducted. Legislation places high demands on food producers, and quality control is essential to ensure compliance. The study was carried out using Mettler Toledo's Safeline X12 machine. A preliminary survey was conducted to select suitable food products for the experiments. Meatballs were chosen as the subject of the scientific experiments. Limiting factors for quality control were identified, including the influence of packaging and possible interference factors such as metal clips. The experiments evaluated different ways to ensure the quality of meatball packaging. Test runs were carried out with different items, such as certified test cards of varying density and material. The results showed that single layer screening of meatballs gave the best results. Since multi-layer control generated favorable results, post-packaging screening was recommended to reduce the risk of contamination after the quality control. To further improve the quality control, it was suggested to also check the sealing surfaces of the packages. In addition, the use of vision systems was recommended to check the labelling and components of the packages. The discussion also covers other quality control methods such as metal detection and shielding gas control. Finally, the importance of considering various factors in the selection of quality control methods in the food industry to ensure food safety and quality was emphasized. This abstract highlight the use of automated X-ray machines for food quality control, with a particular focus on meatballs. The study explored the need, legal requirements, and limitations of quality control in the food industry, and conducted practical and scientific experiments to evaluate the effectiveness of these machines. The results indicate that post-packaging screening is

preferable to ensure food safety, and that meatballs as a product are ideally suited to this quality control process. In addition, further quality control measures are proposed to improve the process.

**Keywords:**

Finnvacum Oy Ab

Quality control

Foodstuff

X-rays

Pollution

Safety

# Opinnäyte

Anna, Albrecht.

Laadunvalvonta elintarviketeollisuudessa. Automaattiset läpivalaisulaitteet elintarviketeollisuudessa.

Ammattikorkeakoulu Arcada: Materiaali- ja Prosessiteknikka, 2024.

## Toimeksiantaja:

Finnvacum Oy Ab.

## Tiivistelmä:

Tässä tutkimuksessa tutkitaan automaattisten röntgenläpivalaisukoneiden käyttöä elintarviketeollisuudessa ja keskitytään lihapullien laadunvalvontaan. Suurentunut tarve varmistaa elintarvikkeiden turvallisuus ja laatu on johtanut näiden koneiden käytön lisääntymiseen. Elintarviketeollisuuden laadunvalvonnan tarpeen ja oikeudellisten vaatimusten ymmärtämiseksi on tehty kirjallisuuskatsaus. Lainsäädäntö asettaa elintarviketuottajille suuria vaatimuksia, ja laadunvalvonta on välttämätöntä vaatimustenmukaisuuden varmistamiseksi. Tutkimus toteutettiin Mettler Toledon Safeline X12 -koneella. Kokeisiin sopivien elintarvikkeiden valitsemiseksi tehtiin alustava tutkimus. Tieteellisten kokeiden kohteeksi valittiin lihapullat. Laadunvalvontaa rajoittavat tekijät tunnistettiin, mukaan lukien pakkauksen vaikutus ja mahdolliset häiriötekijät, kuten metalliset klipsit. Kokeissa arvioitiin erilaisia tapoja varmistaa lihapullien pakkausten laatu. Koeajoja suoritettiin erilaisilla vierasesineillä, sekä sertifioiduilla testikorteilla, joiden tiheys ja materiaali vaihteli. Tulokset osoittivat, että lihapullien yksikerroksinen seulonta antoi parhaat tulokset. Koska monikerrosvalvonta tuotti tarpeeksi hyviä tuloksia, pakkauksen jälkeistä seulontaa suositeltiin, jotta voidaan vähentää kontaminaatoriskiä laadunvalvonnan jälkeen. Laadunvalvonnan parantamiseksi edelleen ehdotettiin, että myös pakkausten saumauspinnat ja tuotteiden paino voitaisi tarkistaa. Lisäksi suositeltiin visionjärjestelmien käyttöä pakkausten merkintöjen ja osien tarkastamiseen. Keskustelussa käsitellään myös muita laadunvalvontamenetelmiä, kuten metallin havaitsemista ja suojakaasun valvontaa. Lopuksi korostettiin eri tekijöiden huomioon ottamisen tärkeyttä elintarviketeollisuuden laadunvalvontamenetelmien valinnassa elintarvikkeiden turvallisuuden ja laadun varmistamiseksi. Tässä tiivistelmässä korostetaan automaattisten röntgenlaitteiden käyttöä elintarvikkeiden laadunvalvonnassa ja keskitytään erityisesti lihapulliin. Tutkimuksessa selvitettiin elintarviketeollisuuden laadunvalvonnan tarvetta, lakisääteisiä vaatimuksia ja rajoituksia sekä

tehtiin käytännön ja tieteellisiä kokeita näiden laitteiden tehokkuuden arvioimiseksi. Tulokset osoittavat, että pakkauksen jälkeinen seulonta on suositeltavampaa elintarvikkeiden turvallisuuden varmistamiseksi ja että lihapullat tuotteena soveltuvat erinomaisesti tähän laadunvalvontaprosessiin. Lisäksi ehdotetaan muita laadunvalvontatoimenpiteitä prosessin parantamiseksi.

## **Avainsanat:**

Finnvacum Oy Ab

Elintarvikkeet

Röntgensäteet

Kontaminaatio

Turvallisuus

# Innehåll

<b>1</b>	<b>Introduktion.....</b>	<b>6</b>
1.1	Behov.....	8
1.2	Automatiska röntgenmaskiner inom livsmedelsindustrin.....	9
1.3	Följder av dålig kvalitetskontroll.....	11
1.3.1	Lagkrav och strålsäkerhet.....	11
<b>2</b>	<b>Litteratur.....</b>	<b>14</b>
<b>3</b>	<b>Metod.....</b>	<b>21</b>
3.1	Förundersökning.....	21
3.2	Begränsande faktorer.....	22
3.3	Vetenskapliga experimentet.....	23
<b>4</b>	<b>Resultat.....</b>	<b>25</b>
<b>5</b>	<b>Diskussion.....</b>	<b>33</b>
5.1	Förslag.....	36
<b>6</b>	<b>Sammanfattning.....</b>	<b>37</b>
	<b>Källor.....</b>	<b>40</b>
	<b>Bilagor.....</b>	<b>41</b>

## Ordlista

**Sievert (Sv):** enheten för stråldos med vilken man uttrycker de följder för hälsan som strålning orsakar

**mSv:** milli sievert

**Automatisk kvalitetskontroll:** En process där maskiner och teknologiska system används för att övervaka och säkerställa kvaliteten på produkter genom automatiserade metoder istället för manuella inspektioner.

**Genomlysning av livsmedelsprodukter:** En teknik som använder röntgenstrålning för att inspektera livsmedelsprodukter och upptäcka eventuella främmande föremål, orenheter eller brister i produktkvaliteten.

**Produktionsprocessen:** En serie steg eller aktiviteter som krävs för att producera en vara eller tjänst, från råmaterial till färdig produkt.

**Förpackningshantering:** Processen att förbereda, paketera och hantera livsmedelsprodukter för distribution och försäljning.

**Livsmedelsproduktion:** Tillverkning av livsmedelsprodukter från råmaterial till färdiga produkter för konsumtion.

**Röntgenstrålning:** Elektromagnetisk strålning med hög energi som används inom medicin, industri och andra områden för att penetrera material och generera bilder.

**Röntgengenerator:** En enhet som producerar röntgenstrålning genom att accelerera elektroner mot en anod.

**Strålningsexponering:** Utsättning för joniserande strålning från olika källor, vilket kan ha hälsoeffekter beroende på dos och exponeringstid.

**Dosgränser:** Maximala tillåtna nivåer av strålningsexponering för personer som fastställts av regelverk och normer.

**Strålsäkerhetsansvarig (STV):** En person som ansvarar för att övervaka och säkerställa efterlevnaden av strålsäkerhetsbestämmelser inom en organisation.

**Strålsäkerhetsexpert (STA):** En specialist inom området strålsäkerhet som ger råd och stöd för att säkerställa säker användning av joniserande strålning.

**Rättfärdigandeprincipen:** Principen som kräver att användningen av strålning motiveras av dess nytta i förhållande till de potentiella riskerna.

**Optimeringsprincipen:** Principen som kräver att strålexponeringen minimeras så långt som möjligt utan att äventyra de förväntade fördelarna.

**Rättsliga konsekvenser:** Konsekvenser som kan uppstå från att bryta mot lagar och föreskrifter, inklusive böter, skadeståndskrav och andra juridiska påföljder.

**Produktintegritet:** Bibehållandet av kvalitet, säkerhet och tillförlitlighet hos en produkt under hela dess livscykel.

**Juridiska implikationer:** De potentiella juridiska konsekvenserna av olika handlingar eller händelser, inklusive rättsliga krav och ansvar.

**Företagspositionering:** Hur ett företag positionerar sig i förhållande till sina konkurrenter på marknaden, inklusive dess varumärkesidentitet och erbjudanden.

**”Give-away”:** Ett begrepp som betyder att man ofrivilligt ger bort onödigt mycket produkt för att säkerställa att man inte ger mindre än lovat.

**P.O.D:** Detektions sannolikhet (Probability of Detection). Definieras som antalet gånger ”samma” kontaminerade produkt detekteras när den passerar genom systemet. Detta antal uttrycks vanligtvis sedan som en procentsats.

**NDT:** ”Nondestructive testing”, betyder oförstörande provning.

# 1. Introduktion

Automatisk kvalitetskontroll inom livsmedelsindustrin är av central betydelse för att säkerställa att slutprodukten uppfyller höga standarder av säkerhet och kvalitet för konsumenterna. En viktig del av detta kontrollsystem är genomlysning av livsmedelsprodukter, vars teknologiska framsteg kontinuerligt utvecklas för att möta de växande kraven och förväntningarna från både branschen och konsumenterna.

Syftet med detta examensarbete, som genomförs i samarbete med Finnvacuum Oy Ab, är att utforska nya perspektiv för utveckling av kvalitetskontrollsmaskiner och att identifiera förbättringsmöjligheter inom kvalitetskontrollprocessen. Finnvacuum Oy Ab, företaget där jag jobbat under studietiden och känner till väl, är en ledande aktör inom branschen och erbjuder ett omfattande utbud av lösningar inom förpackningshantering och livsmedelsproduktion. Inklusiv kvalitetskontrollsmaskiner samt tillhörande utrustning, även maskiner för skivning, vägning, förpackning, etikettering, samt service och reservdelar (Finnvacuum Oy Ab, u.d.). Det övergripande målet med denna forskning är att delvis kartlägga den nuvarande automatiserade kvalitetskontrollen inom livsmedelsindustrin och identifiera möjligheter till förbättringar och innovation. Ett särskilt fokus kommer att läggas på att identifiera nya produkter som lämpar sig för genomlysning och som kan leverera tillförlitliga resultat. Genom att utforska och förbättra dessa processer profilerar sig Finnvacuum Oy Ab för att erbjuda sina avancerade maskiner till en bredare marknad.

Denna forskning kommer också att belysa vikten av att livsmedelsproducenter investerar i effektiv kvalitetskontroll för att säkerställa produktens integritet och konsumenternas hälsa. Genom att sammanföra teoretiska insikter och praktisk erfarenhet syftar detta arbete till att bidra till en ökad förståelse för automatiserad kvalitetskontroll inom livsmedelsindustrin och främja en mer hållbar och säker livsmedelsproduktion.

Behovet av automatiserad genomlysning i livsmedelskvalitetskontroll är av stor vikt med tanke på de potentiella riskerna för konsumenternas hälsa vid bristande kontroll. Denna avhandling kommer att utforska skillnaderna mellan traditionell manuell eller semi-manuell kvalitetskontroll och automatisk genomlysning för att klargöra fördelarna

och skillnaderna i effektivitet och tillförlitlighet. Genom att identifiera och analysera de potentiella risker och konsekvenser som kan uppstå vid bristande kvalitetskontroll i livsmedelsproduktionen, kommer vikten av automatisk genomlysning att framhåvas som en avgörande komponent för att förebygga hälsorisker och garantera produktintegritet.

Som metod används praktiska vetenskapliga experiment då produkten väljs. Experimentet kommer gå ut på att först lära maskinen hur en optimalt säker produkt ska se ut, och sedan köra igenom produkten med olika främmande föremål. På detta sätt kan det räknas ut vad sannolikheten är att maskinen hittar olika föroreningar från just den produkten.

För att få en sann helhetsbild av automatisk kvalitetskontroll inom livsmedelsindustrin undersöktes vetenskapliga artiklar om liknande ämnen. Dock var det krångligt att hitta artiklar om exakt detta ämne, vilket tyder på att det är ett relativt nytt område som inte än har hunnit undersökas värst mycket. Det som hittades var ändå artiklar om olika NDT-metoder som används för att bedöma livsmedelskvalitet och säkerhet. En av dessa metoder var röntgentekniken, som mitt arbete handlar om.

Sammanfattningsvis syftar detta examensarbete till att ge en djupgående förståelse för automatiserad kvalitetskontroll inom livsmedelsindustrin och kan därigenom bidra till en ökad medvetenhet och tillämpning av säkerhets- och kvalitetsstandarder inom branschen. Genom att undersöka och analysera olika aspekter av automatiserad kvalitetskontroll kommer detta arbete att bidra till en mer hållbar och effektiv livsmedelsproduktion, vilket gynnar både företag och konsumenter.

Arbetet börjar med en introduktion, som innehåller en förklaring på arbetet och även beskrivning av behoven, förklaring hur automatiska röntgenmaskiner inom livsmedelsindustrin fungerar, vad möjliga följder kan vara av en bristfällig kvalitetskontroll och belyser även information om lagkrav och strålsäkerhet. Nästa del i arbetets uppbyggnad är en litteraturstudie, som följs av metodsektionen. Metoden börjar med en förklaring av förundersökningen och begränsande faktorer, och till sist sektionen om det slutliga vetenskapliga experimentet. Efter detta presenteras resultaten som uppföljs med en diskussion och olika förslag. Till sist kommer sammanfattningen.

## 1.1 Behov

Inledningen till arbetet om användningen av automatisk genomlysning i livsmedelskvalitetskontroll utgör en fundamental del för att förstå den övergång som sker från traditionell manuell eller semi-manuell kvalitetskontroll till en mer avancerad och automatiserad metod. Denna sektion syftar till att belysa den viktiga transformationen och dess avgörande roll för att säkerställa livsmedelssäkerheten och konsumenttillfredsställelsen.

En grundläggande differentiering mellan traditionell manuell eller semi-manuell kvalitetskontroll och automatisk genomlysning är av yttersta vikt, för att förstå de betydande fördelarna och skillnaderna som den senare tekniken erbjuder. Med manuell kontroll begränsas inspektionen till endast en liten andel av produkterna genom stickprovskontroller, medan automatiserad kvalitetskontroll möjliggör granskning av varje enskild produkt på ett effektivt sätt.

Huvuduppgiften för automatiska röntgenmaskiner inom livsmedelsindustrin är att upptäcka och avvisa främmande föremål från produktionsprocessen, för att förhindra att felaktiga produkter når konsumenterna. Vanliga främmande föremål som stenar, metallpartiklar, glasfragment och plastbitar kan utgöra allvarliga hälsorisker om de inte upptäcks och elimineras från livsmedelsprodukterna. Konsekvenserna av att konsumera kontaminerade produkter kan vara allvarliga och i vissa fall potentiellt livshotande, vilket understryker den kritiska betydelsen av att genomföra genomlysning av livsmedel.

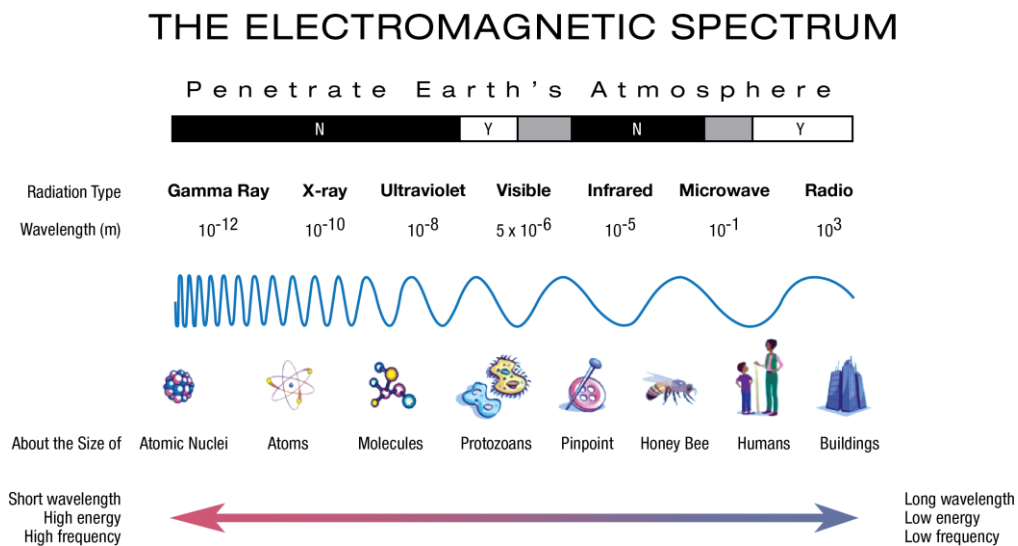
Genom att utforska och förstå de potentiella riskerna och konsekvenserna som kan uppstå vid bristande kvalitetskontroll i livsmedelsproduktionen, kan vikten av automatisk genomlysning förtydligas och därmed understrykas. Denna metod för kvalitetskontroll spelar en avgörande roll för att säkerställa produktsäkerhet och konsumenttillfredsställelse genom att identifiera och eliminera potentiella faror från livsmedelsprodukter innan de når marknaden.

I sammanfattning har denna inledning belyst den betydande roll som automatisk genomlysning spelar i livsmedelskvalitetskontroll och klargjort dess nödvändighet för att skydda konsumenternas hälsa och garantera integriteten hos livsmedelsprodukterna. Genom att undersöka skillnaderna mellan manuell och automatisk kvalitetskontroll samt

identifiera funktionen och målen med automatiska genomlysningsmaskiner, kan vi fördjupa vår förståelse för betydelsen av genomlysning av livsmedel och dess roll i att förhindra hälsorisker och säkerställa produktkvalitet.

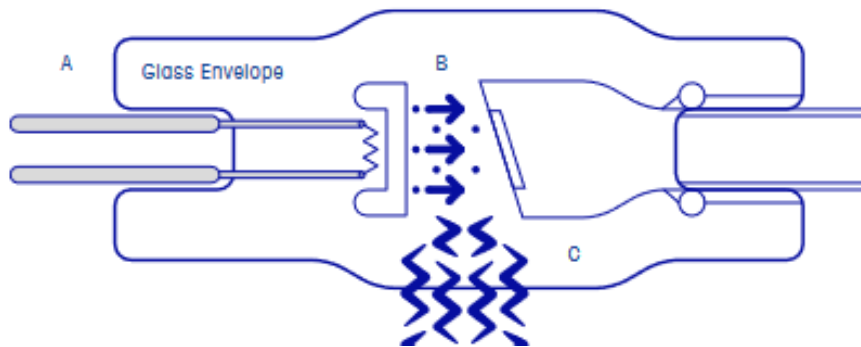
## 1.2 Automatiska röntgenmaskiner inom livsmedelsindustrin

Röntgenmaskiner genererar joniserande strålning, vilken i princip är identisk med gammastrålning, dock skapas röntgenstrålningen artificiellt genom en röntgengenerator i maskinen. Skillnaden är att gammastrålning kommer från atomkärnorna i radioaktiva ämnen. En röntgengenerator utgör en elektriskt driven enhet som endast producerar röntgenstrålning när en elektrisk ström appliceras på röntgenröret i maskinen.



*Figur 1 Elektromagnetiska Spektrumet (My Nasa Data, u.d.)*

Lågenergistrålningen genererad av röntgenapparaten penetrerar produkten och genererar en svartvit bild när produkten genomgår processen i maskinen. Denna bild genomgår automatisk kontroll och analys av maskinen. Vid avvikelser från förutbestämda parametrar dirigeras produkten bort från produktionslinjen till en särskild skrotbox eller flera sådana.



Figur 2 Röntgenröret i glas skal

Röntgenröret illustreras i figur 2. Där framställs röntgenstrålarna och är sammansatta av ett glas hölje, en kopparkatod och en kopparanod. Katoden, belägen vid punkt A, fungerar som en elektronkälla och består av en volframtråd som upphettas till glödande tillstånd genom elektrisk ström. Elektronerna accelereras från katoden till anoden, markerad som punkt B, genom applicering av högspänning mellan anoden och katoden. När elektronerna når koppar anoden, vid punkt C, avtar deras hastighet då de kolliderar med volframnivån inuti anoden, vilket resulterar i bildandet av röntgenstrålning. Endast en bråkdel, mindre än 1%, av den kinetiska energin hos de genererade elektronerna omvandlas till röntgenstrålning; resten dissiperas som värme. Detta betonar vikten av att produkten har en hög smältpunkt och är kapabel att effektivt avleda värme. För att förbättra värmeledningsförmågan och elektrisk isolering, är röntgenröret nedsänkt i olja.

För att detektera främmande föremål, krävs det att röntgenmaskinen är utrustad med en detektor. Efter att röntgengeneratoren har genererat strålningen, riktas den mot detektorn, vilken är placerad under transportbandet för produkterna. Röntgenstrålarna riktas så att de bildar en solfjäderformad stråle som täcker detektorns bredd. Detektorn skannar sedan produkten som signalrader, där varje rad består av hundratals dioder. Diodsignalerna som utgår från detektorn är initialt 14-bitsdata. Slutsteget i denna process innebär att datan omvandlas till 254 olika gråskalor av en dator, vilket resulterar i den genererade

röntgenbilden. Utifrån denna information kan maskinen avgöra om produkten ska accepteras eller rejekteras från produktionslinjen.

### **1.3 Följder av dålig kvalitetskontroll**

Dålig kvalitetskontroll inom livsmedelsindustrin kan resultera i en mängd olika negativa konsekvenser med potentiella effekter på konsumenternas hälsa, förtroende för ”brändet” och rättsliga implikationer. En av de mest allvarliga konsekvenserna för dålig kvalitetskontroll är hälsoriskerna för konsumenterna, vilka kan omfatta förekomst av bakterier, virus och andra skadliga ämnen som kan leda till exempelvis matförgiftning.

Denna situation kan förvärras av förlusten av konsumentförtroende, vilket kan påverka företagets varumärkesreputation och resultera i en förtroendekris om hälsoproblem återkommer med företagets produkter.

Förutom dessa direkta konsekvenser kan dålig kvalitetskontroll även resultera i juridiska komplikationer. Lagstiftningen inom livsmedelssäkerhet är strikt och ett företag kan hållas ansvarigt för brister i kvalitetskontrollen. Detta kan leda till rättsliga påföljder såsom böter, skadeståndskrav och andra juridiska åtgärder.

Slutligen är det av yttersta vikt för företag inom livsmedelssektorn att etablera och upprätthålla robusta kvalitetskontrollsystem för att säkerställa att deras produkter uppfyller höga standarder av säkerhet och kvalitet. En effektiv kvalitetskontroll är inte bara nödvändig för att skydda konsumenternas hälsa och företagets rykte, utan också för att upprätthålla företagets långsiktiga hållbarhet och framgång på marknaden.

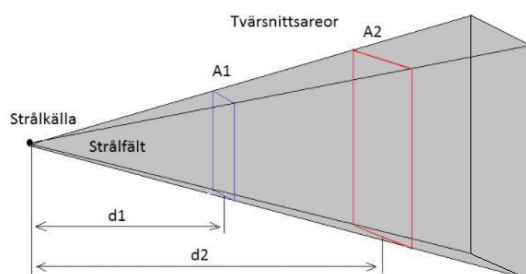
#### **1.3.1 Lagkrav och strålsäkerhet**

Användningen av röntgenstrålning i industriella sammanhang är föremål för stränga lagar och bestämmelser som syftar till att säkerställa både arbetsmiljöns och allmänhetens säkerhet. Detta kapitel kommer att undersöka de centrala kraven och bestämmelserna som reglerar användningen av röntgenstrålning i Finland, samt betydelsen av

strålsäkerhet i denna kontext. Den finska lagstiftningen om strålsäkerhet bygger på tre grundläggande principer: principen om rättfärdigande, optimeringsprincipen (även känd som ALARA-principen - As Low As Reasonably Achievable) och principen om individuellt skydd. Principen om rättfärdigande kräver att nyttan med att använda röntgenstrålning vägs mot de potentiella riskerna för skada. Optimeringsprincipen innebär att exponeringen för röntgenstrålning måste minimeras till en nivå som rimligtvis är möjlig. Principen om individuellt skydd fastställer att exponeringen för röntgenstrålning för både arbetstagare och allmänheten inte får överstiga fastställda dosgränser. (Centers for Disease Control and Prevention, 2022).

Den finska lagstiftningen fastställer specifika dosgränser för strålningsexponering. För yrkesmässig exponering är den nuvarande dosgränsen  $0,1 \text{ mSv/år}$  som effektiv dos. Referensvärdet kan sänkas för specifika exponeringsvägar eller områden, förutsatt att det inte kräver oproportionerliga eller kostsamma åtgärder för att uppnå. Lagstiftningen kräver också att referensvärdet sänks vid minskad exponering för befolkningen, förutsatt att en sådan minskning fortfarande är rimligt möjlig (Stålsäkerhetscentralen, u.d.).

För att skydda sig mot skadlig strålning, används olika strålskyddsåtgärder vid användning av röntgenstrålning. Material med hög densitet, såsom bly och stål, används som effektiva barriärer mot joniserande strålning. Avstånd är också en effektiv skyddsåtgärd, eftersom strålningens intensitet minskar med ökat avstånd enligt den inversa kvadratlagen, vilket kan ses i figur 3 nedan (Suomen Valoteknillinen Seura, 2016).



Figur 3 Principen av inversa kvadratlagen (Sorcini & Cruz, 2017)

Strålning utgör en komplex och potentiellt farlig form av energi, vars egenskaper gör den svår att upptäcka med våra sinnen. Till skillnad från andra farliga ämnen eller fenomen, som ofta kan uppfattas genom lukt, smak eller känsel, är strålning osynlig och saknar karakteristiska sensoriska egenskaper. Förutom i extrema situationer, där omedelbara symtom som illamående kan förekomma, är effekterna av strålning ofta subtila och kan ta tid att manifesteras sig.

Det första tecknet på strålningsexponering kan vara illamående, vilket kan inträffa inom några timmar efter exponering i extremt höga doser. Dessa tidiga symtom kan dock vara svåra att urskilja från andra orsaker till illamående, vilket komplicerar diagnosen. Strålsjukan, en allvarlig konsekvens av hög dos strålningsexponering, utvecklas vanligtvis över en längre tidsperiod och kan inte diagnostiseras omedelbart efter exponeringen. Symptomen och konsekvenserna av strålsjukan är varierande och inkluderar bland annat förlamning av benmärgen. I de mest allvarliga fallen kan strålsjukan leda till dödsfall. För att utveckla strålsjukan krävs en betydande dos av joniserande strålning, vanligtvis överstigande 1 Sv inom en kort tidsperiod. För att orsaka dödsfall krävs en ännu högre dos, vanligtvis över 8 Sv inom en kort tidsram. Det är dock viktigt att påpeka att sådana höga doser av strålning är extremt ovanliga i industriella eller miljömässiga sammanhang. Röntgenmaskinerna som används för kvalitetskontroll av livsmedel är säkra för användaren och dess omgivning, eftersom den eventuella strålningen som finns runt om maskinen understiger nivån för strålningsarbete. Maskinerna är alltså helt slutna och läcker inte skadlig strålning.

Strålningens osynliga natur och de komplexa konsekvenserna av strålningsexponeringen understryker vikten av rigorösa säkerhetsåtgärder och övervakning vid användning av röntgenteknik och andra källor till joniserande strålning.

Enligt lagstiftningen måste alla röntgenmaskiner som tas i bruk genomgå en säkerhetsgranskning och få ett intyg om drift tagande. Företag som använder röntgenmaskiner måste också utse en strålsäkerhetsansvarig (STV) och en strålsäkerhetsexpert (STA) för att utarbeta säkerhetsplaner och övervaka arbetsmiljön. Genom att följa dessa lagkrav och strålsäkerhetsåtgärder kan användningen av röntgenmaskiner säkerställas och risken för skadlig exponering av strålning minimeras.

Detta kapitel har diskuterat lagkrav och bestämmelser som styr användningen av röntgenstrålning i Finland. Genom att efterleva principerna för strålsäkerhet och följa de fastställda dosgränserna kan användningen av röntgenstrålning göras säker för både arbetstagare och allmänhet. Genom att implementera adekvata strålskyddsåtgärder och utse behöriga strålsäkerhetsansvariga och experter kan riskerna för skadlig strålning minimeras och en säker arbetsmiljö säkerställas.

## 2. Litteratur

För att erhålla en omfattande förståelse av automatisk kvalitetskontroll inom livsmedelsindustrin har vetenskapliga artiklar relaterade till liknande ämnen granskats. Hantering av främmande föremål i livsmedel är avgörande för livsmedelssäkerheten och kvaliteten. Genom att genomföra effektiva förebyggande, upptäckande och utredande åtgärder kan livsmedelsföretag minimera risken för främmande föremål och skydda konsumenterna från faror och skador. Detta examensarbete syftar till att bidra till denna insats genom att belysa och jämföra olika metoder för att upptäcka och förebygga främmande material i livsmedel. Att välja rätt kombination av förebyggande och upptäckande metoder är avgörande, för att säkerställa en effektiv hantering av främmande föremål i livsmedel. Arbetet syftar också till att poängtera och bevisa att varje fall bör genomgå individuella riskanalyser. Rätt metod, maskin och placering bör väljas enligt produktspecifika krav för att leverera en så säker slutprodukt som möjligt till kunden.

Emellertid var det utmanande att lokalisera artiklar som direkt behandlade detta specifika ämne. Denna brist indikerar att området är relativt nytt och ännu inte har blivit noggrant utforskat. Trots detta återfanns artiklar som behandlade olika icke-destruktiva testmetoder (NDT) som används för att bedöma livsmedelskvalitet och säkerhet. En av dessa metoder var röntgentekniken, vilken är i fokus för denna studie. Ämnet för denna studie valdes även med hänsyn till det övergripande intresset för livsmedelssäkerhet. Som en del av förberedelserna granskades även vetenskapliga artiklar relaterade till ämnet.

I artikeln "Application, challenges and future prospects of recent nondestructive techniques based on the electromagnetic spectrum in food quality and safety" utforskas användningen av olika tekniker för att bedöma kvaliteten och säkerheten hos livsmedel (Fakhlaei, ym., 2023). Fokus ligger på icke-destruktiva testmetoder (NDT) inom det elektromagnetiska spektrumet. Flera NDT-tekniker granskas, inklusive terahertz (THz) spektroskopi, magnetisk resonanstomografi (NMR), magnetisk resonansavbildning (MRI), ultraljudsbildning (USI), och röntgenteknik (X-ray). Studien betonar fördelar och utmaningar med varje metod samt deras tillämplighet inom livsmedelsindustrin. En jämförelse görs även mellan röntgentekniken (X-ray) och andra NDT-tekniker, särskilt magnetisk resonanstomografi (MRI) och datortomografi (CT). Röntgen anses vara ett mer kostnadseffektivt alternativ med lättare tillgänglighet och mindre krav på utrustning jämfört med MRI och CT. Det framhålls att röntgentekniken har en bredare detektionsomfattning, men möter utmaningar när det gäller att detektera lågdensitetsmaterial såsom hår, papper eller plast med samma eller lägre densitet som vatten. Med ökande krav på livsmedelskvalitet och säkerhet är det avgörande att utveckla effektiva och tillförlitliga metoder för att bedöma livsmedelsprodukternas egenskaper utan att skada dem. Att förstå och jämföra olika NDT-tekniker, inklusive röntgenteknik, ger insikt i vilka metoder som är mest lämpliga för olika livsmedelsprodukter och kan leda till förbättrad kvalitetssäkring inom livsmedelsindustrin. Detta examensarbete är av stor betydelse eftersom det bidrar till ökad kunskap om och förståelse för användningen av röntgenteknik inom livsmedelsindustrin. Genom att undersöka och jämföra dessa metoder kan det bidra till utvecklingen av mer effektiva och tillförlitliga metoder för att bedöma livsmedelskvalitet och säkerhet. Forskningen kan också bidra till att förbättra kvalitetskontrollprocesser inom livsmedelsindustrin och därmed öka konsumenternas förtroende för livsmedelssäkerhet och kvalitet (Fakhlaei, ym., 2023).

En av de mest relevanta artiklarna som identifierades var "Detection and prevention of foreign material in food: A review", vilken undersöker användningen av röntgenteknik för att detektera främmande material (FM) i livsmedel. Artikeln utforskar även olika metoder för att minimera risken för FM-kontaminering i livsmedelsproduktionen. Artikeln undersöker specifikt "gratingbaserade" mörkfält-X-ray-bildsystem, enkelskotts "gridbaserad" mörkfälts-X-ray-bild och användningen av sub-terahertz- och terahertz-vågor för att upptäcka lågdensitets-FM. Dessutom presenteras bästa praxis för att undvika FM-

kontaminering, inklusive implementering av avancerad teknik för FM-detektering och riskbedömningsundersökningar för att identifiera källor till FM-kontaminering i livsmedelsproduktionen (Payne;O'Bryan;Marcy;& Crandall, 2023).

Röntgenteknik har blivit en oumbärlig metod för att upptäcka främmande material (FM) i livsmedel. Följande metoder och tekniker har använts för att detektera FM i livsmedelsproduktionen:

- **”Gratingbaserad” mörkfält-X-ray-bildsystem:** Denna metod har utvecklats för att upptäcka lågdensitets-FM i livsmedel. Även om metoden är lovande är den svår och dyr att använda.
- **Enkelskotts ”gridbaserad” mörkfälts-X-ray-bild:** En variation av den gratingbaserade metoden är enkelskotts gridbaserad mörkfälts-X-ray-bild. Denna metod använder tillgängliga röntgengrindar för att göra detekteringen mindre komplex och mer kostnadseffektiv.
- **Sub-terahertz- och terahertz-vågor:** Sub-terahertz- och terahertz-vågor är icke-joniserande vågor som är mer lämpade för användning i livsmedelsproduktionen. Dessa frekvenser kan detektera lågdensitets-FM i livsmedel, inklusive plast och insekter.

För att undvika FM-kontaminering i livsmedelsproduktionen måste följande bästa praxis och metoder implementeras:

- **Avancerad teknik för FM-detektering:** Metoder som magnetdetektorer, metallsökare, X-rays och optiska enheter måste användas för att kontrollera, förebygga och eliminera FM från livsmedelsprodukter.
- **Riskbedömningsundersökningar:** Det är viktigt att genomföra noggranna riskbedömningsundersökningar för att identifiera källor till FM-kontaminering i livsmedelsproduktionen. Detta inkluderar att utvärdera utrustning, processer och miljöer för att minska risken för FM-kontaminering.
- **Kontinuerlig övervakning och inspektion:** Genom att implementera kontinuerlig övervakning och inspektion av utrustning, processer och miljöer kan förekomsten av FM-kontaminering minskas avsevärt.

Dessa metoder och tekniker är relevanta för detta examensarbete om automatisk kvalitetskontroll av livsmedel med röntgenteknik, eftersom de presenterar avancerade tekniker för att detektera och förebygga FM-kontaminering i livsmedelsproduktionen. Genom att använda dessa metoder och bästa praxis kan livsmedelsproducenter effektivt upptäcka, förebygga och eliminera främmande material från sina produkter, vilket i slutändan leder till säkrare och högkvalitativa livsmedel för konsumenterna (Payne;O'Bryan;Marcy;& Crandall, 2023).

Artikeln "The Key To Successful Foreign Object Prevention" skriven av Kitty Appels och Rob Kooijmans studerade olika främmande föremål i livsmedel och metoder som förebygger, upptäcker och hanterar dessa kontamineringar (Appels & Kooijmans, 2019). Enligt artikeln var det år 2018 ett rekordår för livsmedelsåterkallelser relaterade till främmande föremål, vilket resulterade i en återkallelse per vecka i genomsnitt, enligt världsdata från HorizonScan (HorizonScan, 2024). Trots att sådana kontamineringar är mindre vanliga än de orsakade av Salmonella eller E. coli, kan de ändå leda till allvarliga ekonomiska konsekvenser för livsmedelsföretag. Främmande föremål kan delas in i olika kategorier baserat på vad det är, när och var det förekom, samt varför det uppstod. Kontaminering kan ske i något skede av livsmedelskedjan, och det är viktigt för livsmedelsföretag att fastställa om kontamineringen skedde i produktionsanläggningen, hos leverantörer eller i efterföljande led som återförsäljare eller konsumenternas hem. Även om de flesta kontaminationer av främmande föremål är oavsiktliga, förekommer även sabotage, vilket måste beaktas i företagets hanteringsplaner.

Europeiska unionens lagstiftning och amerikanska FDA reglerar hanteringen av främmande föremål i livsmedel. EU-lagstiftningen är relativt generell och nämner "främmande ämnen" som en orsak till kontaminering som kan göra livsmedel lämpliga eller olämpliga för mänsklig konsumtion. FDA är mer detaljerad och fastställer att livsmedel betraktas som förorenade om de innehåller hårda eller vassa föremål mellan 7 mm och 25 mm i längd i färdiga att äta livsmedel (Appels & Kooijmans, 2019).

För att effektivt hantera risken för främmande föremål måste företag ha förebyggande, upptäckande och utredande åtgärder på plats. Förebyggande åtgärder bör baseras på en riskbedömning som omfattar hela produktions- och leveranskedjan. För att effektivt

hantera risken för främmande föremål måste företag ha förebyggande, upptäckande och utredande åtgärder på plats. Förebyggande åtgärder bör baseras på en riskbedömning som omfattar hela produktions- och leveranskedjan. Det finns flera olika metoder för att förebygga och upptäcka främmande föremål i livsmedel, inklusive mekaniska och elektroniska system. Det finns inget universellt effektivt system, utan valet av metoder beror på vilken typ av material som ska hanteras och var i produktionslinjen metoden ska tillämpas. Vanliga metoder inkluderar optiska och mekaniska system, metalldetektorer, röntgen och visuell inspektion. Om en kontaminering av främmande föremål uppstår måste en utredning genomföras för att fastställa orsakerna och göra nödvändiga ändringar i hanteringsplanen för att förhindra att det händer igen. Utredningen inkluderar en detaljerad analys av det främmande föremålet, vilket kan inkludera mikroskopi och masspektrometri för att fastställa materialet och ursprunget för föroreningen.

Artikeln ”Update of challenges for food quality and safety management”, skriven av Mar Villamiel och Pablo Méndez-Albinana hanterar begreppet livsmedelskvalitet och säkerhet (Villamiel & Méndez-Albinana, 2022). Artikeln förklarar hur dessa begrepp har utvecklats de senaste åren med hänsyn till de olika omständigheter som har uppstått från både ett vetenskapligt-teknologiskt framstegsperspektiv och den påverkan som externa faktorer har haft, både miljömässiga och biologiska, med särskild tonvikt på den senaste pandemin. Det har visats att den traditionella uppfattningen om livsmedelskvalitet baserad på konsumentacceptans och näringsvärde har ovillkorligen kompletterats med ett tillvägagångssätt för personlig nutrition. Tillvägagångssätt relaterade till autentisering och säkerhetskontroll baserade på icke-invasiva tekniker och robusta verktyg för datahantering erbjuder också nya perspektiv inom livsmedelskvalitet och säkerhet. Emellertid är kanske det mest brådskande att koppla samman innovation och produktion av hållbara livsmedelssystem för att visa att koncepten En hälsa (One Health) och Nollavfall (Zero Waste) inte är en önskedröm utan verklighet. One Health är en strategi som syftar på att uppnå optimal hälsa för människor, djur och miljö genom att främja samarbete och kommunikation över disciplingränser. Medan Zero Waste är ett mål som syftar på att minska avfallsgenereringen, återanvända produkter och material så mycket som möjligt. Dessutom ingår detta mål att slutförbränna eller deponera så lite avfall som möjligt.

Artikeln diskuterar vikten av att förstå begreppet livsmedelskvalitet och hur det har utvecklats under de senaste åren. Traditionellt har livsmedelskvalitet betraktats som frånvaron av brister, inklusive förfalskningar och bedrägerier. Mer nyligen representerar det en uppsättning av alla livsmedelsegenskaper som är acceptabla och tillfredsställande för konsumenterna, med en nära relation till deras fysikalisk-kemiska egenskaper såsom utseende, textur och smak. Denna uppfattning är emellertid även en subjektiv, beroende på kultur, land, region och den specifika tidpunkt som ett samhälle lever i. För närvarande är det en ökande efterfrågan från konsumenter som är alltmer oroade över hälsosammare, säkrare och mer prisvärda livsmedel. För att möta efterfrågan är det nödvändigt för livsmedelsindustrin att förstå och studera konsumenternas preferenser och erbjuda nya produkter och format som är alltmer personliga, samtidigt som man inte glömmer vetenskapliga bevis för deras fördelar. När det gäller livsmedelssäkerhet, är det en global fråga som kan påverka olika områden av vårt dagliga liv. Genom att förebygga och kontrollera faror kopplade till intaget av mat, bidrar livsmedelssäkerhet till konsumenternas acceptans av en produkt och kan användas som ett marknadsföringsverktyg. För att uppnå målen för livsmedelssäkerhet är utvecklingen av nya metoder och utrustning för att säkerställa människors säkerhet och hälsa i samband med livsmedel av avgörande betydelse.

Slutsatsen är att en av de främsta utmaningarna på kort och medellång sikt för mänskligheten tydligt är relaterad till livsmedel. Det är viktigt att myndigheters, konsumenters och industriernas intressen sammanfaller för att säkerställa att fördelarna med vetenskapliga framsteg har positiva konsekvenser i utvecklade länder, samtidigt som de bidrar till att förbättra utvecklingen i de minst utvecklade länderna (Villamiel & Méndez-Albinana, 2022).

Texten "International Harmonization of Food Safety Standards" som publicerades av Food Safety Magazine hanterar ämnet om utmaningar med att harmonisera livsmedelssäkerhetsstandarder internationellt (Food Safety Magazine, 2019). Den pekar på att det finns betydande skillnader i regler mellan länder, vilket kan leda till konfiskering och förstörelse av livsmedel som ansågs säkra i ursprungslandet men inte i importlandet. Texten diskuterar även olika betydelser av termen "standard" och betonar vikten av att

harmonisera viktiga regler för att undvika onödig förstörelse av livsmedel. Artikeln inkluderade även poängerna:

1. Skillnader i regler mellan länder har inga vetenskapliga motiveringar, vilket kan leda till konfiskering och förstörelse av livsmedel.
2. Bristen på harmonisering kan skapa problem för små företag som har svårt att förstå reglerna.
3. Global Harmonization Initiative (GHI) arbetar för att utveckla globala vetenskapliga konsensusdokument för att minska riskerna för att hälsosamma livsmedel förstörs i en värld där människor i exportländer lider av undernäring.
4. Diskussionen involverar också olika regelområden som GMO: er, analytiska metoder, märkning och användning av kemikalier.
5. Förslag ges för att harmonisera dessa regler, inklusive att involvera fler intressenter och antagandet av ISO 22000-standarder.
6. Diskussionen berör även behovet av internationell harmonisering av standarder och betonar vikten av att följa vetenskapliga riktlinjer.

Sammanfattningsvis diskuteras vikten av att harmonisera livsmedelssäkerhetsstandarder internationellt för att undvika förstörelse av livsmedel, främja innovation och säkerställa en säker global livsmedelsförsörjning.

Artikeln ”Foreign Materials Contamination on Packaged Foods” hanterar ämnet om flera framträdande livsmedelsåterkallelser (Garcia-Leiner, ym., 2023). Detta orsakar att amerikanska livsmedelstillverkare överväger huruvida deras reaktioner på upptäckten av oönskade föremål i deras produkter är tillräckligt väl förberedda. Under de senaste månaderna har ledande livsmedelsbutiker och tillverkare återkallat färdigförpackade produkter på grund av bland annat plastbitar i kycklingprodukter och insekter och stenar i konserver.

Denna typ av kontaminering kan skada företagets rykte och problemen som inkluderar material som plast, metall och glas, verkar öka. Enligt en studie av Food and Drug Administrations åtgärder ökade livsmedelsåterkallelser med 700 procent från 2021 till 2022, med ökad kontaminering med främmande material som en orsak. I händelse av en incident med kontaminering av främmande material är det avgörande att snabbt bedöma

riskan för allmänheten för att begränsa eventuella faror för konsumenterna. Detta inkluderar att bedöma frekvens, storlek, form och skärpa av det främmande materialet samt genomföra en bedömning av hälsorisker. Om risken bedöms som hög kan en produktåterkallelse vara nödvändig för att undvika lagbrott och skydda konsumenterna. Förutom att bedöma risken är det också viktigt att identifiera källan till det främmande materialet och vidta åtgärder för att förhindra liknande incidenter i framtiden. Detta kan inkludera utbildning av personal, upprättande av nya standarder och kontrollåtgärder för att förbättra säkerheten i produktionsprocessen och minska risken för framtida kontaminering.

Genom att noggrant undersöka rotorsaken till incidenten och vidta åtgärder för att förhindra framtida kontaminering kan livsmedelstillverkare minimera riskerna för allmänheten och skydda sitt rykte och sina varumärken (Garcia-Leiner, ym., 2023).

### **3. Metod**

#### **3.1. Förundersökning**

För att inleda de praktiska experimenten i detta projekt krävs först att lämpliga produkter väljs. En förhandsundersökning genomfördes för att fatta välgrundade beslut angående produktvalet. En detaljerad rapport över testkörningar på olika produkter, såsom mjölkprodukter, bröd, färdigmat, kött och sötsaker gjordes. Förundersökningens testrapport bifogas i detta arbete som bilaga (se Bilaga A: Förundersökning). Testkörningarna utfördes med maskinen Safeline X12 från Mettler Toledo och genererade betydande och relevant information om de olika produkterna. Denna maskin var vald på grund av att det är Mettler Toledos senaste version som kommit till marknaden av dess sorts automatisk röntgenmaskin, och är utrustad med den mest noggranna genomlysningstekniken i deras sortiment av liknande maskiner.

### Modell Specifikationer för använd metod



Modell	X12
Generator Kraft (Watt)	150W
Generator KV (Kilovolt)	85kV
Generator mA (milli amper)	3.0mA glastub
Mängd av Generatorer (1 till 3)	1
Balk Geometri (vertikal / horisontell)	Vertikal
Defektor längd (mm)	300 eller 400 mm
Diad storlek (mm)	0.4
Transportörens hastighet under testet (m/min)	20
Förpackningar	Varierande livsmedelsförpackningar
Förpackningsvikt (g)	300-350 g

**METTLER TOLEDO**

Figur 4 Mettler Toledos maskin Safeline X12

Varje produkt tilldelades ett individuellt kalibrerat program och kunde genomlysas på ett säkert sätt. Efter avslutad förundersökning hade all nödvändig information samlats in för att göra ett testbaserat val av produkt för själva arbetet.

### 3.2. Begränsande faktorer

Det finns flera faktorer som kan påverka resultatet av automatisk genomlysning av livsmedelsprodukter. En av dessa faktorer är förpackningen. Trots att förpackningen kan utgöra ett hinder för genomlysningen, strävar man ändå efter att genomlysna produkterna först när de är förpackade. Detta minskar risken för kontaminering under den tidigare processen innan förpackningen. Dock måste riskerna alltid beaktas och utvärderas

individuellt för olika produkter. Till exempel kan produkter förpackade i glasburkar skapa "blind spots" för genomlysningmaskinen. Vid sådana situationer måste riskerna för olika genomlysningspositioner övervägas och det bästa tillvägagångssättet väljas.

Ett annat problem som vi stötte på var när förpackningen innehöll ett clips av metall, som exempelvis ett brödpaket. Då måste antingen analys- eller kontrollområdet minskas så att clipset hamnar utanför, eller så måste clipset godkännas. Ifall man minskar kontrollområdet, kan man säga att man "klipper ut" området med clipset. Detta kan naturligtvis försämra resultatet, eftersom det finns en risk att föroreningen eller det främmande föremålet råkar ligga inom det begränsade området och därmed undgår maskinens avvisnings-/kasseringsystem för felaktiga produkter.

Värt att nämna är även att eftersom genomlysningstekniken baserar sig på mätning av densitet, kan man inte tillförlitligt hitta främmande föremål som har en lägre densitet än produkten som ska kontrolleras. Exempel på lågdensitets främmande föremål är hår, tyger och insekter.

### **3.3. Vetenskapliga experimentet**

Förundersökningen av flera olika livsmedelsprodukter resulterade i att köttbullar valdes som föremål för fortsatta vetenskapliga experiment. Syftet med dessa experiment var att identifiera den mest optimala lösningen för att säkerställa att förpackningar med köttbullar når konsumenten på ett så säkert sätt som möjligt. Det första steget i experimentet var att anskaffa ett urval av olika förpackningar av köttbullar. För att genomföra experimentet användes Mettler Toledos maskin Safeline X12.

Efter att förpackningarna hade anskaffats initierades processen med att lära maskinen de specifika egenskaperna hos varje förpackning. Detta utfördes genom att namnge produkten och därefter skanna en ren produkt upprepade gånger genom maskinen, för att lära den det förväntade innehållet för varje förpackning. När denna inlärningsprocess var genomförd kunde experimentet påbörjas genom att placera olika främmande

föremål både på och inuti förpackningarna för att undersöka hur maskinen identifierade och reagerade på dessa.

De främmande föremålen som användes var certifierade testkort som specifikt tillverkats för detta ändamål. För att säkerställa trovärdiga resultat användes fyra olika material med varierande densitet som främmande föremål i experimenten. Bland de använda materialen fanns exempelvis 0,6 mm och 0,8 mm rostfritt stål, 0,8 mm icke-järnhaltig metall, 0,8 mm järnhaltig metall samt 1,5 mm glas.



Figur 5 Testkort med 1,5mm glas



Figur 6 Testkort med 0,6mm rostfritt stål



Figur 7 Test kort med 0,8mm järnhaltig metall



Figur 8 Test kort med icke-järnhaltig metall

Experimentet kommer att utföras genom att köra köttbullsförpackningarna enskilt igenom maskinen 100 gånger med varje förorening, alltså de 4 olika testkort. På detta sätt kan man trovärdigt och tillförlitligt få fram sannolikheten att hitta motsvarande föremål i verkligheten.

## 4. Resultat

Köttbullar valdes som testprodukt, baserat på resultaten från förundersökningen. Denna produkt är mycket populär i Finland men kvalitetskontrolleras inte alltid noggrant med hjälp av genomlysning innan de når butikshyllorna. Detta väckte intresse för att säkerställa kvaliteten. Under förundersökningen framkom flera viktiga punkter som bör beaktas vid genomlysning av dessa produkter, liksom olika metoder för att utföra, placera och planera processen. Maskinen som användes i undersökningen var Mettler Toledos Safeline X12. Nedan, i tabell 1, finns en sammanfattning på förundersökningens resultat.

Tabell 1 Sammanfattning av förundersökningens resultat

Produkt	Resultat
Yoghurt med frukt 200g	Osannolikt att produkten är kontaminerad med främmande föremål.
Issallat 100g	Lämpar sig inte särskilt bra för genomlysning med röntgenmaskin.
Malet nötkött 400g	Osannolikhet att produkten är kontaminerad med främmande föremål.
Matlagningsgräddes 2,5dl	Osannolikhet att produkten är kontaminerad med främmande föremål.
Rödstampad ost 350g	Lämpar sig inte bra för genomlysning med röntgenmaskin p.g.a. produktens ojämna struktur.
Gräddost 350g	Lämpar sig inte särskilt bra för genomlysning med röntgenmaskin p.g.a. produktens ojämna struktur.
Soppa 310g	Osannolikt att produkten är kontaminerad med främmande föremål.
Mjolkchoklad 200g	Osannolikt att produkten är kontaminerad med främmande föremål p.g.a. dess tillverkningsmetod.
Köttbullar 350g	Lämpar sig bra för genomlysning och kan sannolikt vara även kontaminerade av främmande föremål.
Leverlåda 400g	Innehållet av produkten lämpar sig för genomlysning men trågens aluminium kanter kan försämra noggrannheten.

Bröd 380g

Produkten lämpar sig för genomlysning, men ifall förpackningen är försluten med ett metallclips kan det medföra svårigheter.

Nedan presenteras resultaten från Mettler Toledos maskin Safeline X12 när vi applicerade främmande föremål på förpackningar innehållande köttbullar. Vi observerade direkt att det inte fanns någon signifikant skillnad i resultaten trots variationer i kötthalt. Förpackningens utförande påverkade inte heller resultaten i någon märkbar omfattning. Dock blev det något mer utmanande när förpackningen innehöll mer än ett lager av köttbullar. En intressant observation var att förpackningar tillverkade med "flowpack"-metoden (se figur 9 nedan) kan potentiellt ge upphov till svårigheter när de packas vertikalt. Detta refererar till när köttbullarna packas i en rörformad film och sedan förseglas i båda ändar med en tvärsvets. I denna förpackningsmetod faller köttbullarna vertikalt ned genom ett produktör i "påsen" som står på en horisontal transportör.

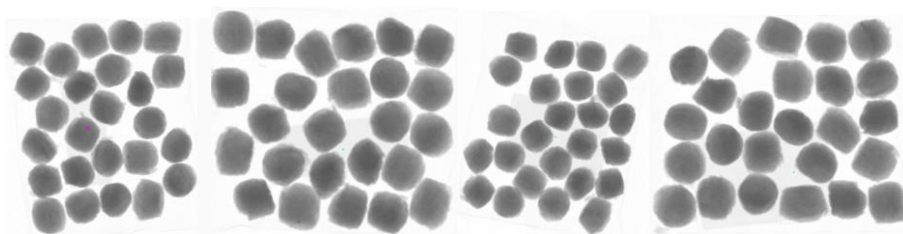


*Figur 9 Flowpack*

Detta resulterar i att köttbullarna hamnar i en "multilayer"-position, vilket innebär att flera köttbullar ligger ovanpå varandra. Eftersom denna automatiska genomlysningsmaskin detekterar främmande föremål genom att genomlysa och jämföra densiteter, kan

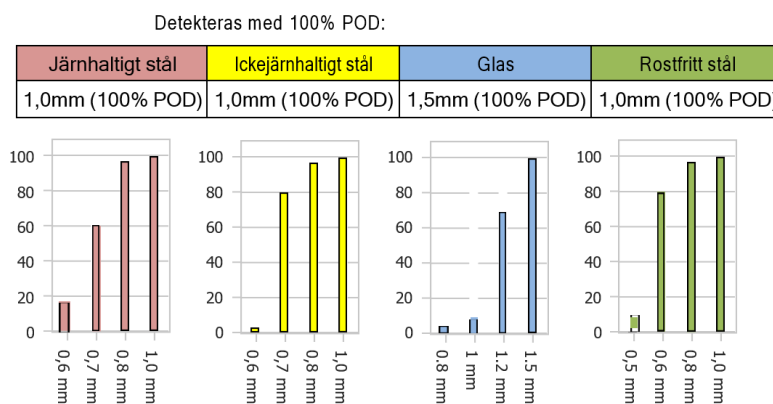
detta skapa problem då det resulterar i en situation som är ogynnsam för inspektionen. Ett alternativ för att hantera detta är att maskinen behöver bli programmerad att acceptera detta scenario som godkänt. Ett annat alternativ är att placera genomlysningsskärmen längre ifrån förpackningsmaskinen. Detta skulle ge förpackningen mer tid och möjlighet för produkterna att jämna ut sig inuti förpackningen, vilket ökar sannolikheten för noggrann avbildning. Man kan också utrusta förpackningslinjen med en utjämningsenhet, som till exempel genom vibration jämnar ut köttbullarna i påsen. En tredje möjlighet är att använda en genomlysningsskärmen med en horisontal röntgenstråle. Dock kan detta också medföra liknande svårigheter om köttbullarna är ordnade i bredd istället för höjd.

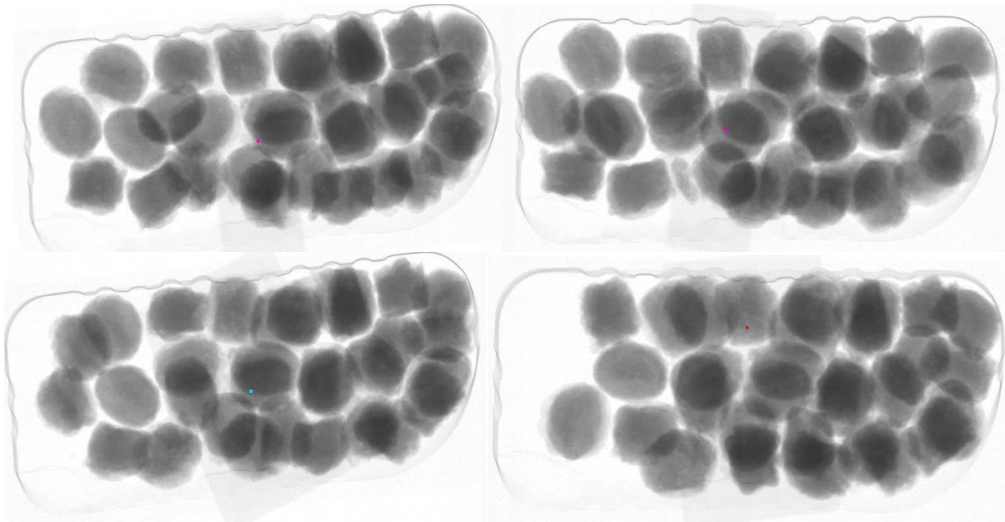
Nedan finns bilder på olika sorters köttbullar som körts igenom Mettler Toledos Saffline X12 maskin med 4 olika främmande föremål i sig, 0,8mm järnhaltig metall, 0,8mm ickejärnhaltig metall, 1,5mm glas och 0,6 mm rostfritt stål.



Figur 10 Köttbullar med 0,8mm järnhaltig metall, 0,8mm ickejärnhaltig metall, 1,5mm glas och 0,6mm rostfritt stål i en flowpack förpackning.

Tabell 2 Detekteringsvärden i procent för produkterna i figur 10



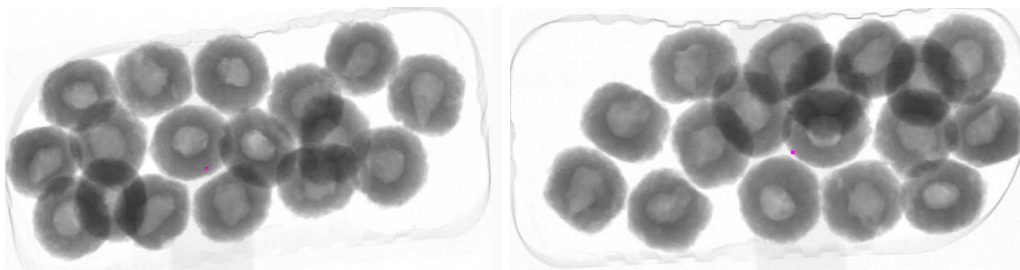
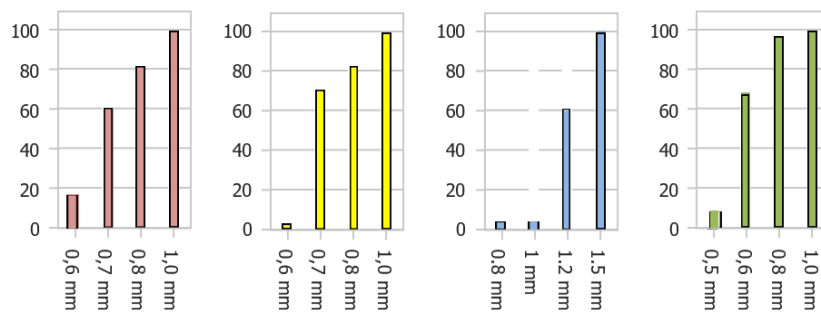


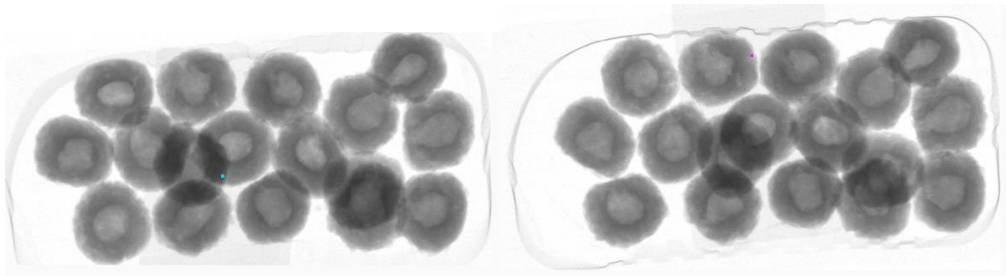
Figur 11 Köttbullar med 0,8mm järnhaltig metall, 0,8mm ickejärnhaltig metall, 1,5mm glas och 0,6mm rostfritt stål i en "thermoformed" förpackning.

Tabell 3 Detekteringsvärden i procent för produkterna i figur 11

Detekteras med 100% POD:

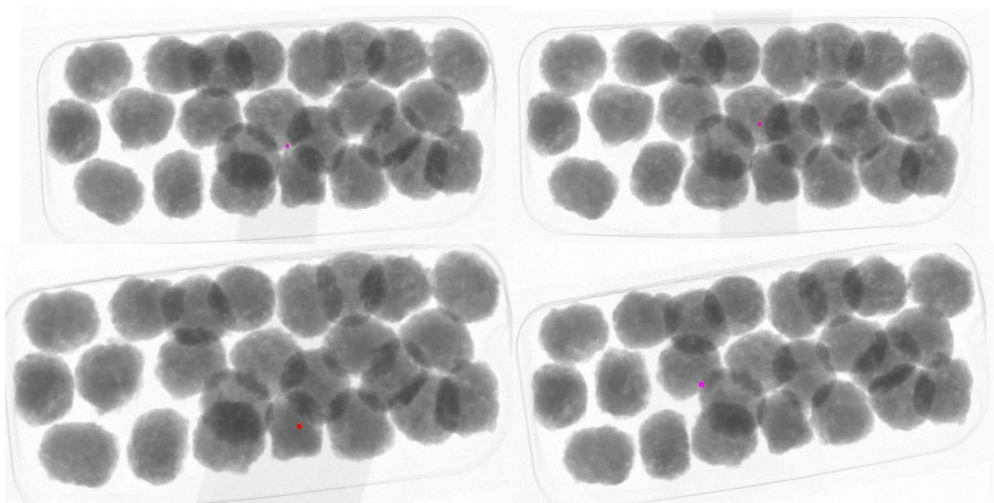
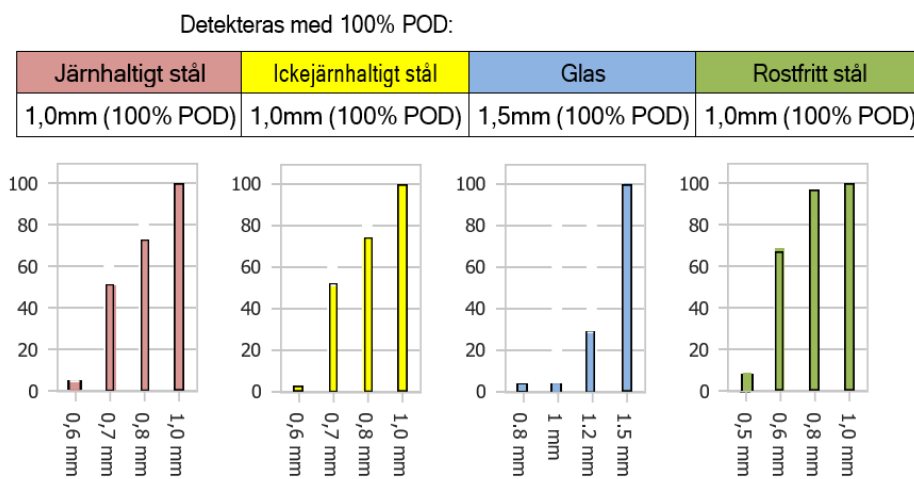
Järnhaltigt stål	Ickejärnhaltigt stål	Glas	Rostfritt stål
1,0mm (100% POD)	1,0mm (100% POD)	1,5mm (100% POD)	1,0mm (100% POD)





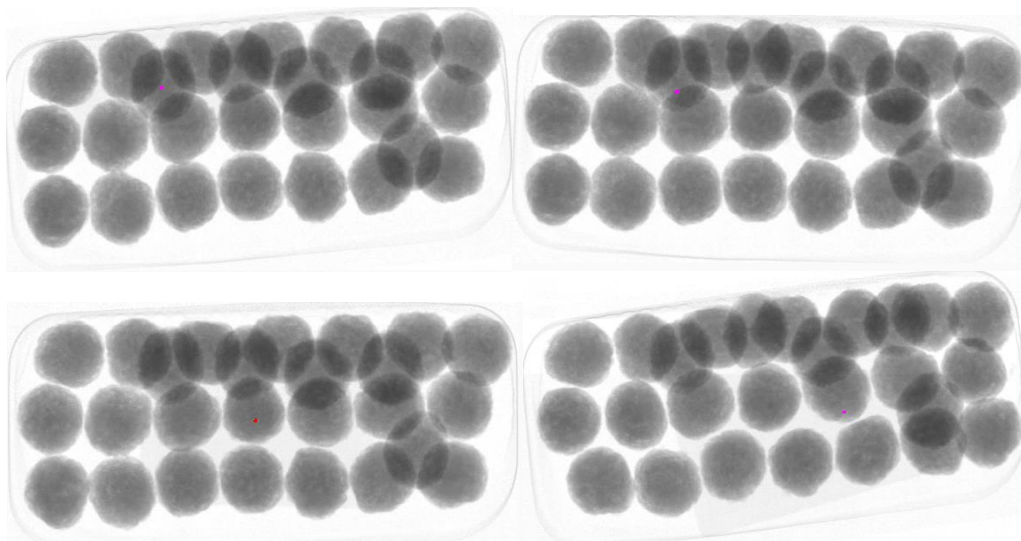
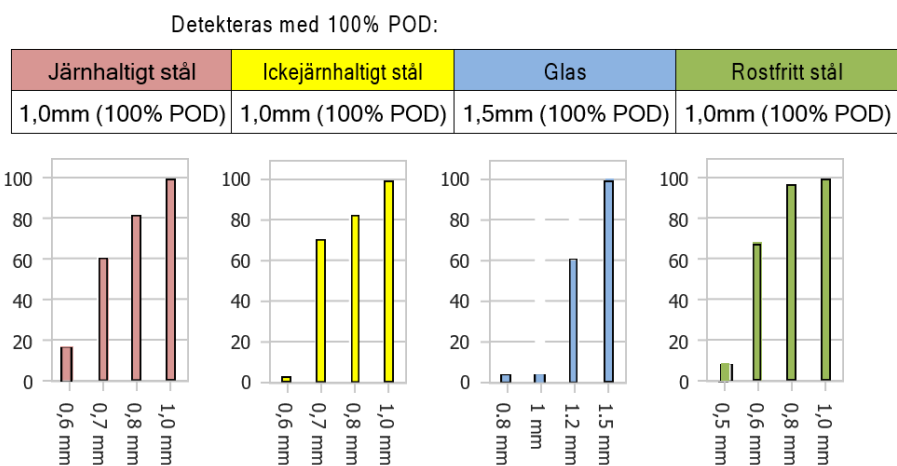
Figur 12 Fyllda köttbullar med 0,8mm järnhaltig metall, 0,8mm ickejärnhaltig metall, 1,5mm glas och 0,6mm rostfritt stål i en "thermoformed" förpackning.

Tabell 4 Detekteringsvärden i procent för produkterna i figur 12



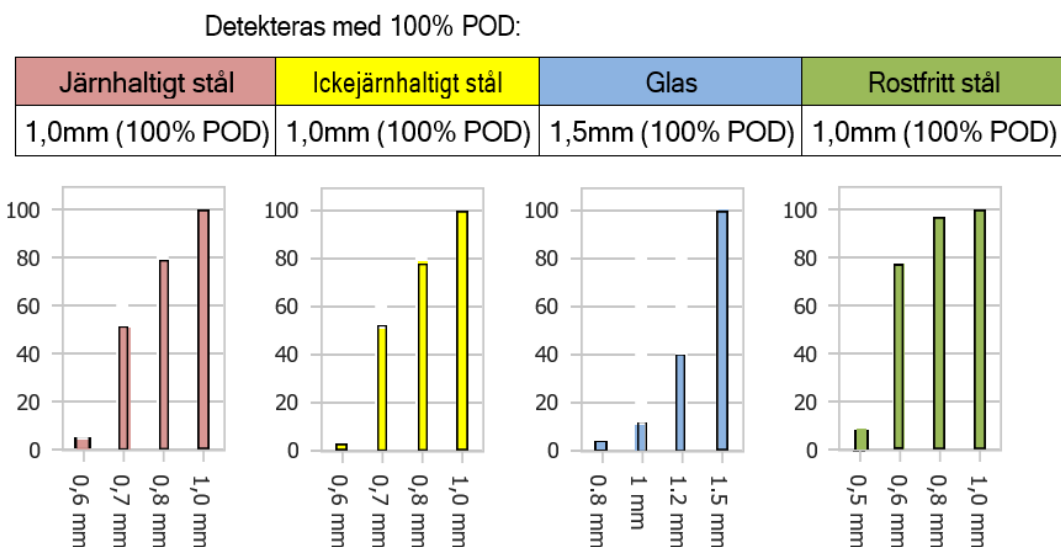
Figur 13 Köttbullar med 0,8mm järnhaltig metall, 0,8mm ickejärnhaltig metall, 1,5mm glas och 0,6mm rostfritt stål i en "thermoformed" förpackning.

Tabell 5 Detekteringsvärden i procent för produkterna i figur 13



Figur 14 Köttbullar med 0,8mm järnhaltig metall, 0,8mm ickejärnhaltig metall, 1,5mm glas och 0,6mm rostfritt stål i en "thermoformed" förpackning.

Tabell 6 Detekteringsvärden i procent för produkterna i figur 14



Varje sorts köttbullar som inskaffades kördes igenom maskinen Safeline X12 100 gånger med alla 4 olika föroreningar i förpackningen i tur och ordning. Tabellerna 2–6 anger detekteringsprocenten. Kontamineringsvärden är definierade enligt P.O.D (se ordlistan).

Valet av placering av kontroll genomlysningen beror på många olika faktorer. Några värt att nämna är:

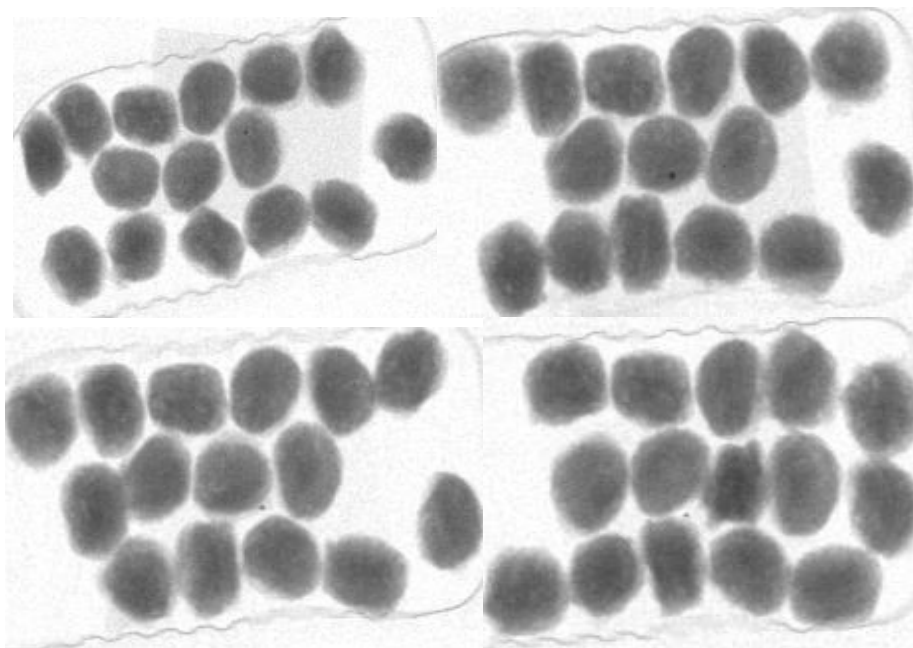
- Maskinernas ålder och skick i förpackningslinjen.
- Hur mycket manuellt arbete av människor utförs i linjen.
- Omgivningen och dess allmänna hygien.
- Maskinlinjens användningsgrad.

Om maskinerna i förpackningslinjen är gamla och i dåligt skick kräver de vanligtvis mer underhåll och service. Detta utgör en större risk för att främmande föremål i form av skruvar, muttrar eller verktyg att hamna med i förpackningarna. Det finns också då en större risk för att gamla maskindelar går i bitar och på så sätt kan produkterna även kontamineras. Ifall linjen är i stor grad manuellt opererad, ökar det risken för mänskliga fel. En dålig hygien i omgivningen kan även bidra till en större risk av kontaminerade livsmedelsprodukter. Därför är det viktigt att operatörerna inte använder bristfällig

skyddsutrustning. Operatörerna borde använda sig av skyddskläder, hårskydd och munskydd vid behov. Om omgivningen även är trång och dåligt planerad, är det större risk för problem och misstag. Maskinlinjens användningsgrad påverkar också i stor grad risken för misstag och felaktiga handhavanden. Ifall linjen körs i flera skift, även under natten, ökar risken också för mänskliga fel, i och med att operatörerna möjligen kan vara trötta.

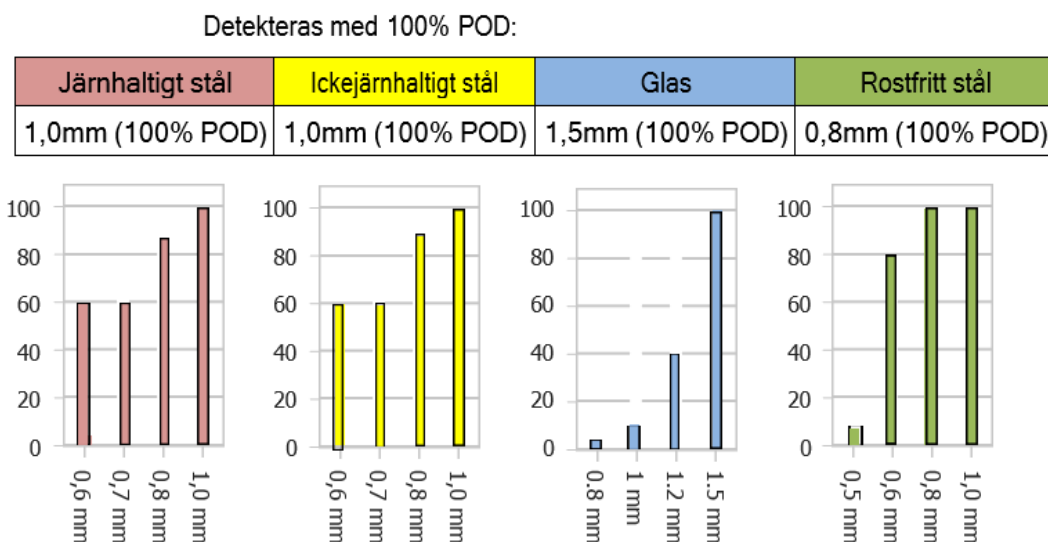
Mot bakgrund av detta drar vi en generell slutsats att det mer fördelaktiga alternativet är att genomlysa köttbullarna efter förpackningsstadiet.

Nedan syns resultaten vi fick då vi genomlyste köttbullarna i ett lager med Mettler Toleidos maskin Safeline X12.



*Figur 15 Köttbullar i ett lager med 0,8mm järnhaltig metall, 0,8mm ickejärnhaltig metall, 1,5mm glas och 0,6mm rostfritt stål.*

Tabell 7 Detekteringsvärden i procent för produkterna i figur 15



Resultaten indikerar att när köttbullarna placeras i endast ett skikt är kvaliteten på genomlysningen något bättre jämfört med när köttbullarna placeras i flera skikt. Detta innebär att mindre främmande föremål har större sannolikhet att upptäckas när köttbullarna är placerade i ett enda skikt. Följaktligen är det att föredra att kontrollera dessa produkter genom genomlysning i ett enda skikt, vilket ger den mest noggranna kontrollen.

Trots detta kan man, med beaktande av alla faktorer som framkommit under denna undersökning, konstatera att genomlysning av de färdiga och förseglade förpackningarna ändå resulterar i tillräckligt goda resultat.

## 5. Diskussion

Trots att experimentet genererade positiva resultat, kom vi fram till att det vore optimalt att köttbullarna genomgår genomlysning i ett lager. Med dagens förpackningsmetoder som används av producenterna är detta just nu inte oftast genomförbart. För att realisera detta i praktiken skulle det innebära att köttbullarna borde genomlysas i ett tidigare skede av produktionsprocessen, innan de förpackas. Detta väcker ytterligare en fråga:

när är det mest sannolikt att köttbullarna blir kontaminerade? Om de genomlyses före förpackningsstadiet finns en risk att de blir kontaminerade efter genomlysningen men innan förpackningen förseglas. I allmänhet är det fördelaktigt att genomlysa en sluten produkt för att garantera en säker slutprodukt för konsumenten.

Vad är då mest sannolikt: att det finns ett främmande föremål i köttet, exempelvis en benbit, eller att det sker en kontaminering av livsmedlet under produktionsprocessen på grund av mänskligt fel eller av en trasig maskin? Efter att ha konsulterat flera experter inom området är svaret att varje fall skilt för sig borde noggrant undersökas och en grundlig riskanalys bör utföras. Dock är den generella rekommendationen inom branschen att det är bäst att genomlysa den färdiga, förslutna produkten.

Det finns nästintill ofantliga mängder med lösningar som påverkar slutresultatet av livsmedelsprodukternas kvalitet. Under processen att skriva detta arbete har några flera kvalitetskontrollers metoder, utöver genomlysning, framkommit som är viktiga att nämna fastän de inte är var arbetets huvudsakliga fokus ligger.

- kontrollvägning
- metalldetektion
- skyddsgas (MAP) kontroll
- kontroll av produktens märkningar
- kontroll av form och färger
- kontroll av komponenter

Kontrollvägning är en av de viktigaste kontrollmetoderna för livsmedelsprodukter. Förpackaren kan få en e-märkning som visar att produkten uppfyller EU-lagstiftningen angående vikt- och volymangivelsen. Då vikten av den slutliga produkten är kontrollerad, kan man förvissa sig om att konsumenten får lovad mängd då de köper produkten. Detta är även viktigt för producenten och förpackaren, då det försäkras att inte förpackningarna innehåller ”give-away” vilket i sin tur kunde leda till onödigt stora kostnader under en längre tid.

I vissa fall är inte producenterna villiga att investera en så stor summa på automatiska genomlysningsmaskiner, men de vill ändå utföra någon sorts kvalitetskontroll för

främmande föremål. Då kan en metalldetektor rekommenderas, dessa är generellt sätt billigare. I vissa fall kan även en metalldetektor vara mer noggrann än en genomlysningssmaskinen, i till exempel i detektering av aluminium partiklar.

Många livsmedelsförpackningar är fyllda med skyddsgas (MAP) för att förlänga hållbarheten av produkten. Då är det viktigt att kontrollera att konsistensen och mängderna av skyddsgas är rätt. En av de vanligaste blandningarna av skyddsgas innehåller huvudsakligen koldioxid och kväve. Dock finns det även undantag här också, till exempel rött kött. I detta fall brukar syre tilläggas så köttet behåller sin röd-skiftande färg.

Det är alltmer vanligt att livsmedelsprodukterna är märkta med många olika märken för olika ändamål. Då är det även viktigt att kontrollera att förpackningarna har alla de märkningarna som menat. Detta kan kontrolleras med ett så kallat "vision-system" vilket baserar sig på en kamera som visuellt kontrollerar att paketet har alla märkningar på sig som de ska ha. Alltså är maskinen lärd hur ett perfekt exempel ser ut och jämför förpackningarna mot detta. Utöver att maskinen klarar av att kontrollera att märkningarna finns på rätta platser, kan de även kontrollera att de är rätt. Alltså t.ex. rätt datum, sträck kod och eventuella bilder. Det kan även vara viktigt att kontrollera att de har rätt emballage och etiketter, detta kan också kontrolleras med hjälp av "vision-systemet". Detta system kan kontrollera både färg och form. En del förpackningar innehåller också flera olika komponenter, som exempelvis konfekter eller färdigmatportioner. Det går även att kontrollera att alla komponenter finns med i förpackningen med hjälp av "vision-systemet" eller en genomlysningssmaskin.

Frågan som frekvent uppkommit under denna undersökning om köttbullarnas genomlysning har varit, att ska produkterna genomlysas i ett eller flera skikt. Fastän vi kommit fram till att resultaten är tillräckligt bra med flerskikts kontroll, bör teorin bakom tvekan nämnas. När köttbullarna genomlysas i flera skikt, använder maskinen mer energi. Detta kan resultera att maskinen missar ett främmande föremål med lägre densitet. Speciellt ifall främmande föremålet råkar ligga i tomrummet mellan köttbullarna.

## 5.1. Förslag

Rekommendationen är alltså att genomlysa köttbullarna, i detta fall, efter förpacknings-skedet. Även om den ideala genomlysnings positionen skulle vara då köttbullarna befin-ner sig i ett skikt, influeras rekommendationen av den möjliga föroreningsrisken mellan genomlysning och förpackningen. Eftersom köttbullar är en livsmedelsprodukt som lämpar sig bra för genomlysning, ger även genomlysning av den färdigt förpackade pro-dukten tillräckligt bra resultat. Denna lösning har fördelen att produkten är försluten och inga föreningar eller främmande föremål kan komma i kontakt med produkten efter ge-nomlysnings kontrollen. Detta lyder även den generella rekommendationen inom bran-schen. Alltså, att man skall om möjligt kontrollera produkterna när de är färdigt för-packade och förslutna.

Det finns även en risk att det hamnar små partiklar av köttbullarna i svets-området av produkten. Det är där man svetsar fast locket i skåldelen av förpackningen. Små partik-lar från köttbullarna kan lätt lossna under doseringen av köttbullarna i en ”multi-head-våg” där köttbullarna rullar från en imatningstratt in i olika vågskålar. En multi-head våg är en våg som doserar köttbullarna i rätt storleks portioner enligt vikt. Ifall det ham-nar partiklar av köttbullarna i svetsen, kan det göra i att svetsen blir bristfällig och skyddsgasen (MAP) läcker ut och syre tar sig in i förpackningen. MAP betyder Modi-fied Atmosphere Packaging, vilket är en förpacknings metod där man ändrar på den normala atmosfären inuti förpackningen. Svetsens bristfällighet leder i sin tur till att produktens hållbarhet försämras avsevärt. För att undvika att på detta vis kontaminerade förpackningar når konsumenterna kan man även med genomlysningsmaskinen kontrol-lera svetsytorna på förpackningen, parallellt med den generella genomlysningen av pro-dukten i paketet.

Ett ytterligare förslag för att kunna försäkra en så korrekt slutprodukt som möjligt är att man kontrollväger alla paket i produktionslinjen. Vikten av produkten är viktig att kon-trollera, och om man uppfyller vissa krav blir man berättigad att e-märka sina produkter. Dessa krav är att företaget som förpackar endera utför stickprover av partier, kontrolle-rar vikten med hjälp av en godkänd checkweigher i produktionslinjen eller att man an-vänder sig av godkända doseringsvågar. Det finns även automatiska

genomlysningssmaskiner som har en inbyggd checkweigher, alltså kan samma maskin utföra både genomlysningen och vägningen som berättigar produkten för e-märkning. Denna märkning visar att produkten uppfyller kraven i EU-lagstiftningen. Som förpackare måste man även kontrollera att man använder sig av officiellt erkända mätinstrument och att man registrerar de kontroller som utförs så mätningen kan kontrolleras att den utförs korrekt. Fastän mätningen inte är obligatorisk, kan den underlätta försäljningen inom EU då den gör så att varorna kan säljas i alla EU-länder utan att behöva kontrolleras ifall de uppfyller de nationella kraven in vikt- och volymangivelser (Your Europe, 2024).

## **6. Sammanfattning**

Genomlysning är en viktig metod för att säkerställa livsmedelssäkerheten genom att upptäcka främmande föremål i förpackade livsmedelsprodukter. Detta projekt fokuserar på att utvärdera effektiviteten hos genomlysningsteknik för att säkerställa kvaliteten på förpackade köttbullar, en populär produkt i Finland.

I den inledande delen av projektet utfördes en förundersökning där olika livsmedelsprodukter testades med genomlysningstekniken. Resultaten från förundersökningen användes för att välja köttbullar som huvudfokus för de kommande vetenskapliga experimenten. Begränsande faktorer som förpackningens material och utformning identifierades för att optimera genomlysningssprocessen.

En litteraturstudie utfördes och den teoretiska bakgrunden undersöktes för genomlysningsteknik. Genomlysning är en icke-destruktiv inspektionsmetod som använder röntgenstrålar för att upptäcka främmande föremål i livsmedelsprodukter. Röntgentekniken används för att identifiera olika främmande föremål och material, inklusive metall, glas och plast i livsmedelsprodukter. Projektet inkluderade även en analys av behoven och kraven för livsmedelsindustrin. Lagkrav och strålsäkerhetsföreskrifter för användning av automatiska röntgenmaskiner inom livsmedelsindustrin granskades för att säkerställa överensstämmelse och säker användning. Följder av bristfällig kvalitetskontroll inom

livsmedelsindustrin diskuterades också. Dålig kvalitetskontroll kan leda till allvarliga konsekvenser såsom produktskador, kundklagomål och förlorat förtroende.

I de praktiska experimenten genomfördes först en förundersökning där bland annat olika förpackningar av köttbullar testades med genomlysningstekniken för att identifiera den mest lämpliga förpackningen för de vetenskapliga experimenten. Begränsande faktorer, såsom förpackningens material och utformning, samt olika sätt att utföra och planera genomlysningsprocessen, identifierades och beaktades. Vetenskapliga experiment genomfördes sedan med målet att identifiera den mest optimala lösningen, för att säkerställa att förpackningar med köttbullar når konsumenten på ett så säkert sätt som möjligt. Experimenten inkluderade att lära maskinen att känna igen olika förpackningar och undersöka hur maskinen reagerade på olika främmande föremål. Resultaten från experimenten visade att förpackningens utförande och innehåll påverkade resultatet av genomlysningen. Förpackningar med flera lager av köttbullar visade sig vara mer utmanande för genomlysningen. Det framkom att köttbullar i ett skikt gav bäst resultat, med tanke på endast genomlysning. Som en del av resultaten identifierades risker med att köttbullarna hamnade i "multilayer"-positioner, vilket påverkade maskinens förmåga att detektera främmande föremål. För att hantera detta föreslogs olika alternativ, såsom att programmera maskinen att acceptera detta scenario som godkänt eller att placera genomlysningen längre ifrån förpackningsmaskinen. Då alla faktorer togs i beaktande, visade sig slutligen att den optimala lösningen ändå är att genomlysna den färdiga och förslutna förpackningen, fastän det betyder att köttbullarna inte alltid ligger på lämpligaste sätt.

Förslag för framtida åtgärder inkluderade rekommendationen att genomlysna köttbullarna efter förpackningsstadiet för att säkerställa att produkten som når konsumenten är säker. Även om den ideala genomlysningsspositionen skulle vara då köttbullarna befinner sig i ett skikt, påverkades den slutliga rekommendationen av den möjliga föroreningsrisken mellan genomlysning och förpackningen. Vidare diskuterades olika kvalitetskontrollmetoder för att säkerställa livsmedelssäkerheten, inklusive kontrollvågning, metalldetektering, kontroll av skyddsgas (MAP), kontroll av produktens märkningar, kontroll av form och färger, samt kontroll av komponenter.

Detta arbete gav slutsatsen att genomlysning är en effektiv metod för att säkerställa livsmedelssäkerheten, men att det är viktigt att välja rätt förpackning, genomlysningssposition och maskintyp för att optimera resultatet och minimera riskerna för kontaminering. Genom att implementera lämpliga kvalitetskontrollmetoder kan livsmedelsindustrin säkerställa att endast säkra och högkvalitativa produkter når konsumenten.

## Källor

Appels, K., & Kooijmans, R. (2019, May 5). The key to successful foreign object prevention. *Food Safety Experts*.

Centers for Disease Control and Prevention. (2022, May 17). CDC. Hämtat från <https://www.cdc.gov/nceh/radiation/alara.html>

Fakhlai, R., Amani Babadi, A., Sun, C., Mat Ariff, N., Khatib, A., Selamat, J., & Xiaobo, Z. (2023, November 15). Application, challenges and future prospects of recent nondestructive. *Elsevier*, s. 13.

Finlex. (2018, November 9). FINlex. Hämtat från <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2018/20180859>

Finnvacuum Oy Ab. (u.d.). Finnvacuum. Hämtat från <https://www.finnvacuum.fi/sv/foretaget/>

Food Safety Magazine. (2019, October 17). International harmonization of food safety standards. Hämtat från <https://www.food-safety.com/articles/6364-international-harmonization-of-food-safety-standards>

Garcia-Leiner, M., Verghese, P., Clarke, C., Miller, A., Brooke, P., & Horr, T. (2023, November 30). Foreign materials contamination in packaged foods. Hämtat från <https://www.exponent.com/article/foreign-materials-contamination-packaged-foods>

HorizonScan. (2024). HorizonScan. Hämtat från <https://horizon-scan.fera.co.uk/>

My NASA Data. (u.d.). Electromagnetic spectrum diagram. Hämtat från <https://my-nasa-data.larc.nasa.gov/basic-page/electromagnetic-spectrum-diagram>

Payne, K., O'Bryan, C., Marcy, J., & Crandall, P. (2023, September). Detection and prevention of foreign material in food: A review. *Science Direct*.

Sorcini, E., & Cruz, P. (2017). Utveckling av ett nytt roterade fantom. *KTH, Skolan för Teknik och Hälsa*.

STUK. (u.d.). Strålsäkerhetscentralen.

Suomen Valoteknillinen Seura. (2016). Perusteet haltuun, osa 1: Valaistusvoimakkuus ja käänteinen neliölaki. Hämtat från <https://valosto.com/valaistustietoa/artikkelit/perusteet-haltuun-osa-1-valaistusvoimakkuus-ja-kaanteinen-neliolaki/>

Teollisuuden Voima Oyj. (u.d.). Hämtat från <https://www.tvo.fi/tuotanto/perustietoydinvoimasta/sateily/sateilylahteet.html>

Villamiel, M., & Méndez-Albinana, P. (2022, December 22). Update of challenges for food quality and safety management. Hämtat från <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666154322001260>

Your Europe. (2024, April 3). Your Europe. Hämtat från [https://europa.eu/your-europe/business/product-requirements/labels-markings/emark/index\\_sv.htm](https://europa.eu/your-europe/business/product-requirements/labels-markings/emark/index_sv.htm)

## **Bilagor**

Bilaga A: Förhandsundersökningen