

# **X-RAY GÖRÜNTÜLEME SİSTEMİ İLE GIDA ÜRÜNLERİNİN DÖKME AMBALAJ İÇİ SAYI TESPİTİ**

Dr. Ahmet Görgülü  
Eti Gıda Sanayi ve Ticaret A.Ş.

---

**3 KASIM 2022**

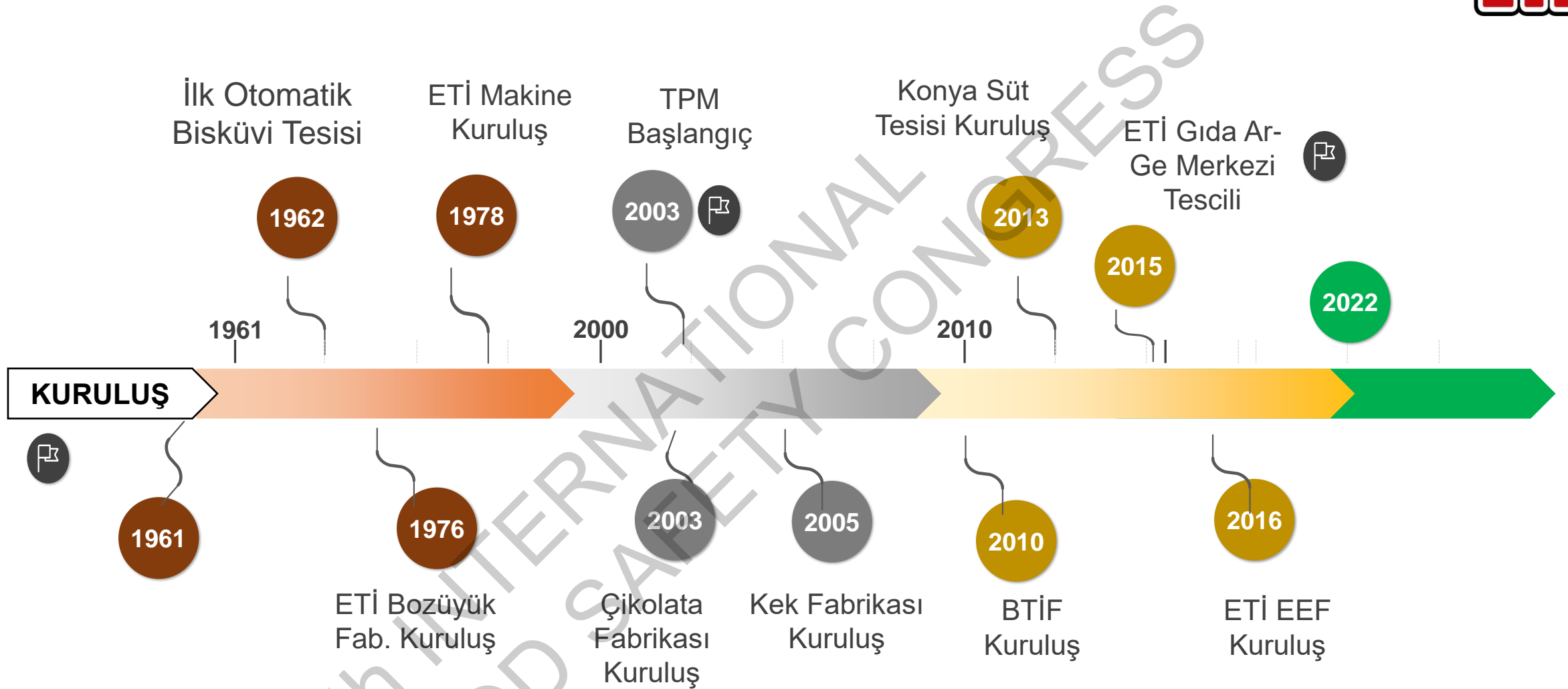
## İÇERİK

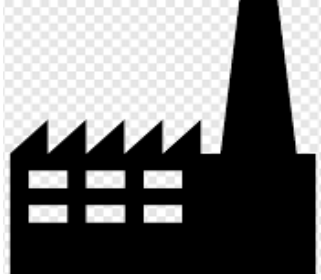
- 
- ETİ TANITIM
  - PAKETLENMİŞ GIDA ÜRETİMİ VE ÜRÜN GÜVENLİĞİ
  - X-RAY GÖRÜNTÜLEME TEKNİĞİ VE UYGULAMALARI
  - ÇOKLU AMBALAJLAR İÇİNDEKİ ÜRÜN SAYISININ TANIMLANMASINDA YENİ BİR YAKLAŞIM
  - ENDÜSTRİYEL TESTLER-UYGULAMA
  - SONUÇLAR-ÖRNEKLER
  - REFERANSLAR

# ETİ TANITIM

---

7th INTERNATIONAL  
FOOD SAFETY CONGRESS





10 Fabrika  
400 B/1M m<sup>2</sup>



205 Bin  
Dönüm



1.500  
T/GÜN



2021  
50.Sıra

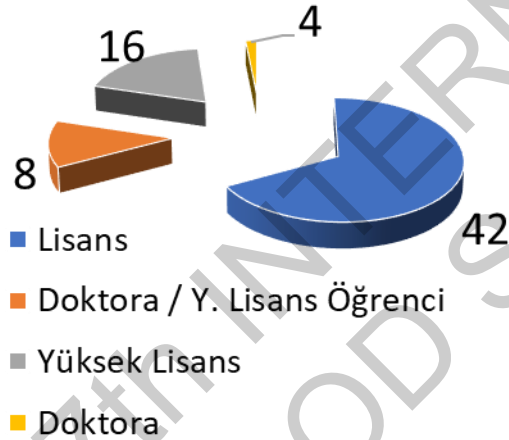


3 Fabrika  
5.SEVİYE

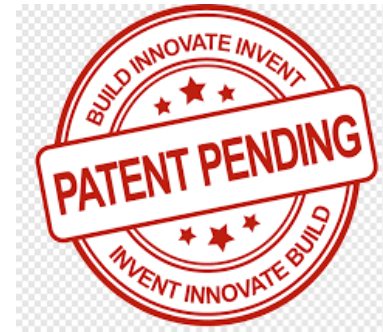


Ar-Ge Merkezi  
70 Araştırmacı  
37 Teknisyen  
5 Destek

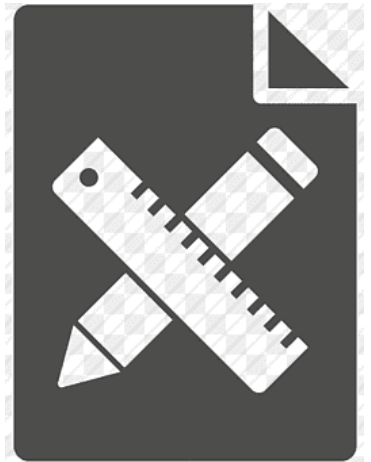
## Araştırmacılar



35



60



# PAKETLENMİŞ GIDA ÜRETİMİ VE ÜRÜN GÜVENLİĞİ



Paketlenmiş gıdaların tüketiciye ulaştırılması süreçlerinde ülkelerin kanunlarında **bazı zorunlu bilgiler** yer almaktadır.

Genel olarak;

- Ürün Tanımı,
- Allerjen bilgileri,
- Gramaj,
- Üretim ve Son kullanma tarihi

- Enerji ve besin öğeleri,
- Helal/Kosher sertifikasyonu,
- Proses zararlıları,
- Enerji ve Besin öğeleri,
- **Paket içi ürün sayısı**

Gibi bilgiler de **ülkelerin kanunları gereği veya müşteri talepleri** gereği paket üzerinde yer bulunabilmektedir.

## PAKETLENMİŞ GIDA ÜRETİMİ VE ÜRÜN GÜVENLİĞİ

Tüketiciye **taahhüt edilen ürün miktarının hassas olarak sağlanması** büyük önem taşımaktadır.

Gıda ürünlerinin üretiminde;

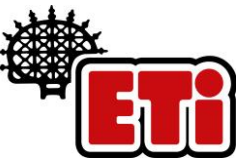
- Ürün bazının **tekstürel ve reolojik** özellikleri,
- Uygulanan **proseslerdeki heterojenlik,**
- Kullanılan **yöntemler ve teknoloji,**
- **Yüksek üretim** hızları,
- Ürünü oluşturan **bileşenlerin oluşturduğu fiziksel farklılıklar** (yoğunluk, kalınlık vb),
- **Ürünlerin hassasiyeti,**
- .....

Gibi nedenlerden dolayı **birim ürün özelliklerinde fiziksel sınımlar** (ağırlık, ölçü, hacim, sayı vb) ortaya çıkabilmektedir.

Üretim esnasında oluşan bu sınımların **kanuni ve/veya taahhüt edilen sınırlarda tutulabilmesi** üreticiler için en önemli kalite güvenliği unsurlarından biridir.



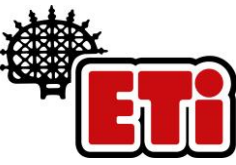
# PAKETLENMİŞ GIDA ÜRETİMİ VE ÜRÜN GÜVENLİĞİ



- Endüstriyel üretimde taahhüt edilen ürünlerin fiziksel kalitesini sağlamak amacıyla; çok sayıda **kalite parametreleri, kontrol noktaları** ve bunları **analiz edecek cihazlar** (teraziler, renk okuyucular, yabancı madde dedektörleri, boyut ölçerler vb) kullanılmaktadır. İlaveten **üretim süreçlerinin akışı esnasında** hatlarda bulunan bazı cihazlarla (check weigher, 3D boyut ölçer, vision sistemleri, poka yoke araçları vb) **ürün akışı sürekli olarak kontrol** altında tutulmaktadır ve hatalı ürünler otomatik olarak ayıklanabilmektedir.
- Üretilen **ürün ve kullanılan teknoloji** seviyesine bağlı olarak, özellikle paketlenmiş ürünlerin tekil ambalajlanmış **paket içi miktarlarının ve ikincil ambalaj içindeki (Koli, çoklu ambalaj vb) paket sayılarının** sağlanması gerekmektedir.
- Paket üzerinde belirtilen miktarın **izin verilen kanuni sınırlar içerisinde** sağlanması **kanuni açıdan** da önem taşımaktadır.



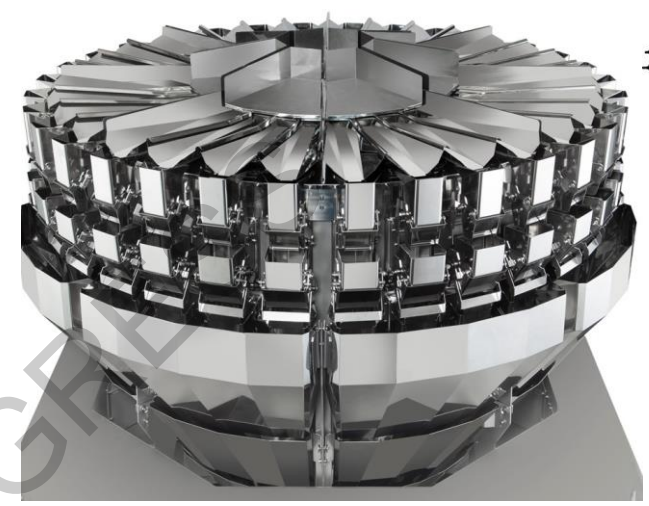
# PAKETLENMİŞ GIDA ÜRETİMİ VE ÜRÜN GÜVENLİĞİ



*Kanuni alt sınırın altında kalmamak* için, üreticiler çoğu zaman **beyan edilen miktarların üzerinde bir miktarla** çalışmayı *en güvenli yollardan biri* olarak tercih etmektedirler. Bu da üreticinin **maliyet yapısı ve ürün kalitesinde değişimlere** (yeme kalitesi, bileşen dengesi vb) sebep olabilmektedir.

Özellikle çoklu ambalajlar ve yığın halinde (bulk) ambalajlanan ürünlerde **paket ağırlığını sağlayabilen çok kefli tartım sistemleri** (Şekil 1) kullanılmaktadır. Çok kefli tartım sistemleri, **paket ağırlığını yüksek doğrulukta sağlayabilirken, paket içi ürün sayısı** konusunda çok yeterli sonuçlar verememektedir.

Özellikle **birim ürünlerin ağırlık salınımlarının yüksek olduğu** ürünlerde, paket içi sayıyı tutturmak imkansız hale gelmektedir. Bütün bunlara ilaveten; **bazı ülkelerde ve müşteri özelinde**; paket ağırlığının yanı sıra, **paket içi ürün sayısının da tutturulması ve sayının paket üzerine yazılması talep edilmektedir** (Şekil 2).



Şekil 1. Çok kefli terazi



Şekil 2. Ambalaj üzerine adet ve paket ağırlığı uygulaması örneği

# X-RAY GÖRÜNTÜLEME TEKNOLOJİSİ VE UYGULAMALARI

---

7th INTERNATIONAL  
FOOD SAFETY CONGRESS

## X- Işınlarnn Geçmişı:

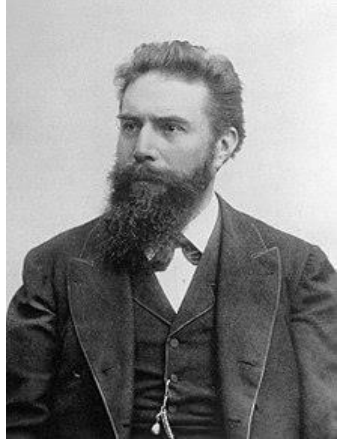
1895'te Alman fizikçi **Wilhelm Conrad Röntgen** tarafından X ışınları keşfedildi.

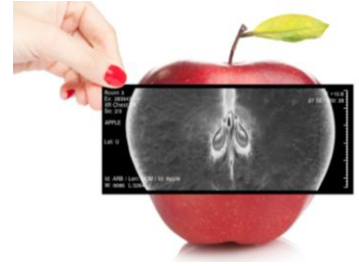
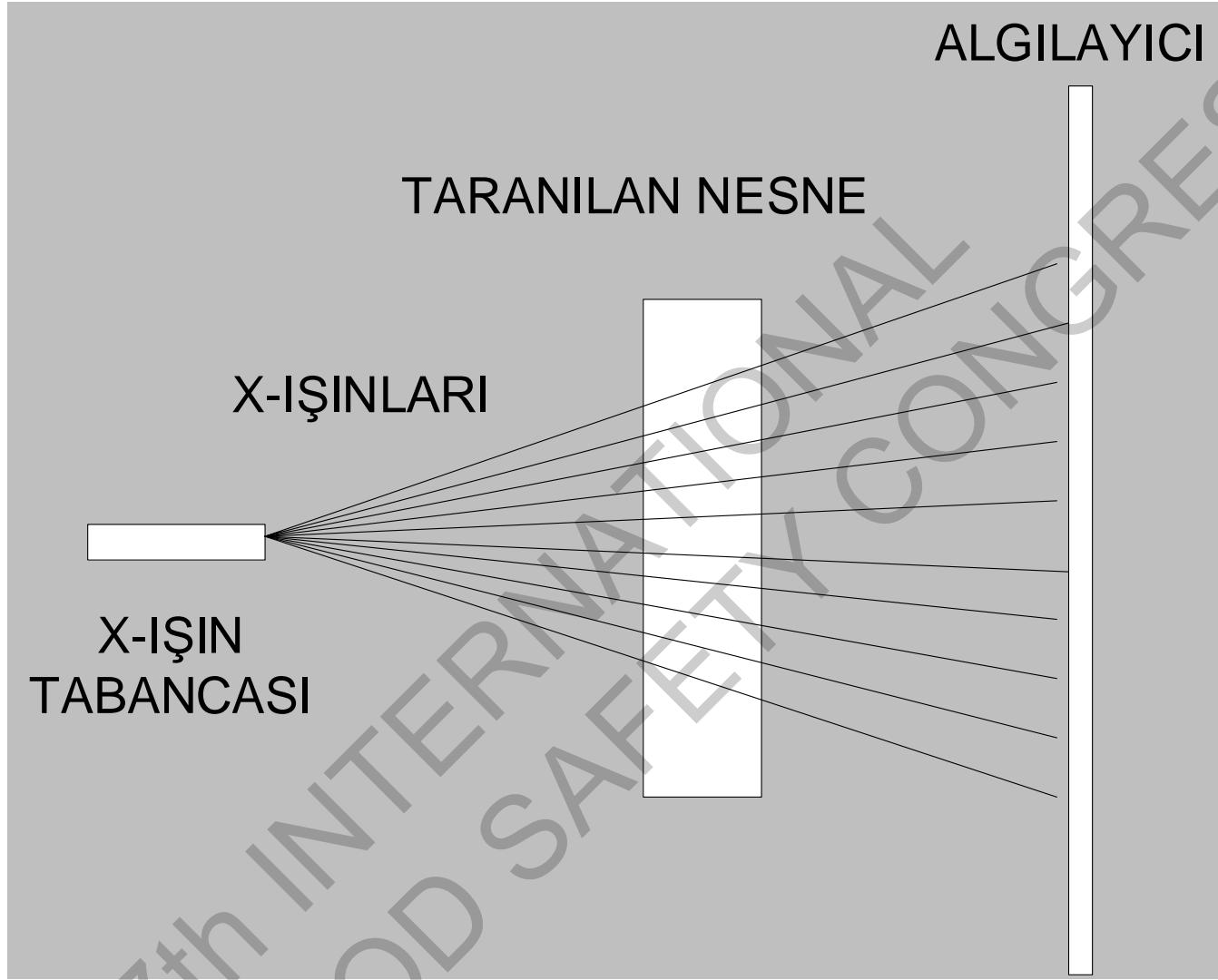
X ışınlarını insan vücudu ve organların görüntülenmesinde uzun yıllardır gelişme kaydetti ve başarıyla uygulanmaya devam etmektedir.

Günümüzde, X Işınları; ***güvenlik, ilaç, yiyecek ve içecek proses kontrolleri*** de dahil olmak üzere, birçok alanda kullanılır hale gelmiş ve giderek de yaygınlaşmaktadır.

Günümüzde ***X-Ray görüntüleme sistemleri; yapay zeka algoritmaları ve görüntü işleme sistemleri ile daha yaygın ve etkin*** kullanılmaktadır.

X-Ray görüntüleri, ***bilinen veya referans bir durum*** için referans görüntülerle, sonrasında zaman içerisinde ***tekrarlanan görüntülerin karşılaştırılması*** ile önemli bulgular elde edilmektedir.





Şekil 3. X-Ray Sistemi Prensi Şeması

*Şekil 2'den de görüleceği üzere;*

**X-ray tarayıcı ve görüntüleme sistemi 3 ana parçadan oluşmaktadır.**

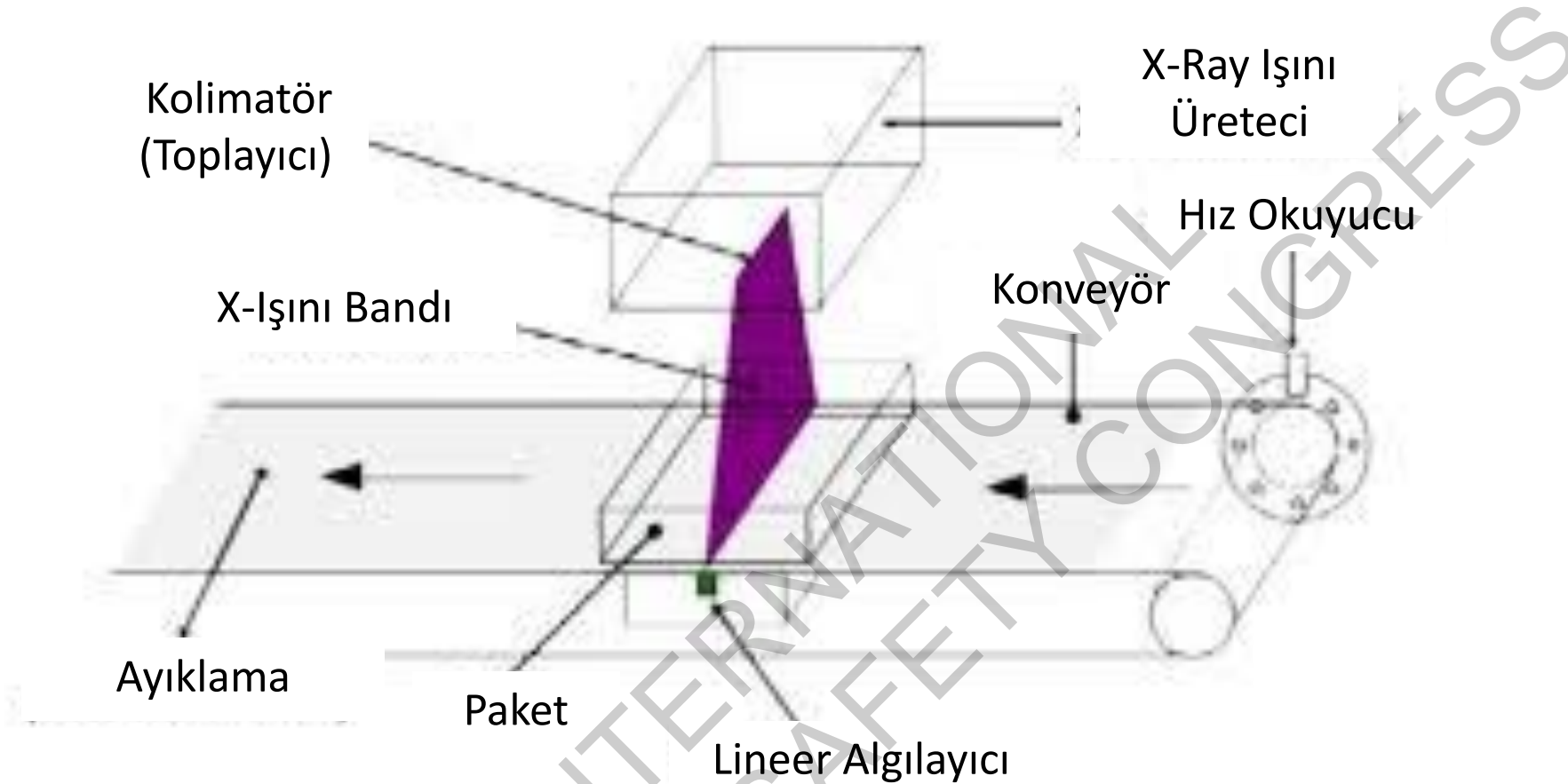
- X-ray ışını üretici ,
- X-Ray görüntüsü alınacak materyal,
- X-Ray taraması sonucu elde edilen görüntüyü algılayan algılayıcı (Film veya ekran görüntüsü).

X ışınları herhangi bir nesne içerisinden **nesneyi bir değişikliğe uğratmadan geçer** ve algılayıcı kısma ulaşır.

**Işının başlangıç enerji seviyesi ile algılayıcıya ulaştığı enerji arasındaki fark, sayısal X-Ray görüntüsü** verisini oluşturur. X ışınları, içinden geçtiği nesnenin yapısına bağlı olarak, **algılayıcıya farklı enerji seviyeleri** ile ulaşır ve karşılığında **oransal sayısal veri** oluşturur. Bu sayısal veri yardımıyla X-Ray görüntüsü üretilir. **Yüksek enerji**

**seviyesi beyaza yakın** olarak gözlenirken, **düşük enerji seviyesi de siyaha yakın** tonlama oluşturmaktadır.

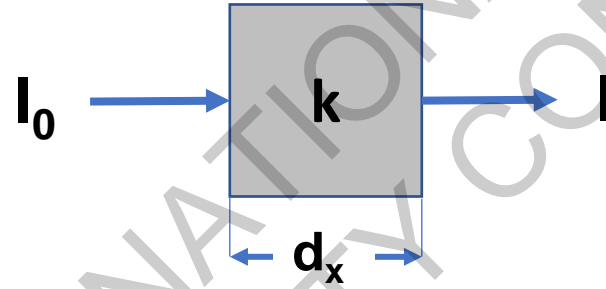
Nesne **hareket halinde iken çizgisel olarak yapılan taramalar birleştirildiğinde 2 boyutlu** istenilen görüntü elde edilmiş olmaktadır.



Şekil 4. Hareketli Cisimlerin X-Ray Analizi Prensi Şeması

## Lambert-Beer Modeli:

Işının nesne içerisine ilk giriş anındaki ( $I_0$ ) başlangıç değeri , nesneyi geçtikten sonra belli bir zayıflama değeri ile arkadaki algılayıcı kısma ulaşır. Işının enerjisi , **geçtiği cismin yoğunluğu ve aldığı yola göre** zayıflayarak algılayıcıya uğrar. Cisme giriş yapan ( $I_0$ ) ışını , **(k) zayıflatma katsayısına** sahip olan uniform **( $d_x$ ) kalınlığındaki cisim** üzerinden geçerek algılayıcıya ( $I$ ) olarak eriştiği varsayımı ile;



**Lambert-Beer** modeline göre zayıflayan X ışını denkleği aşağıdaki gibidir,

$$I = I_0 e^{(-k \cdot d_x)}$$

Burada;

$I$  : kV

$k$ : 1/cm

$d_x$ : cm

Işın kaynağı sayısı ve pozisyonlarına göre 2 veya 3 boyutlu bir görüntü elde edilebilir.



# X-RAY GÖRÜNTÜLEME SİSTEMİ BAZI UYGULAMALAR

## Yabancı Madde Algılama:

- Cam algılama
- Metal algılama
- Mineral taş algılama
- Yüksek yoğunluklu plastik algılama
- Kalsifiye kemik algılama
- .....

## Proses Kontrol:

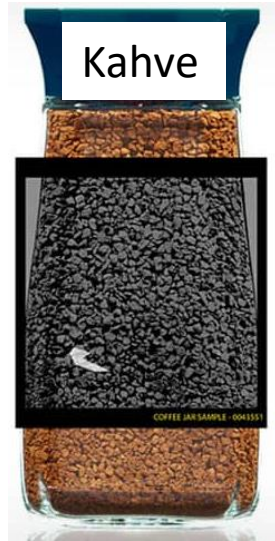
- Sıvı dolun seviye algılama
- Kütle belirleme
- Sızdırmazlık testi
- Parça sayımı
- Yağ analizi
- Yağ, Protein, Su, Boşluk dağılım analizi
- .....



Şekil 5. Endüstriyel bir X-Ray Kontrol Cihazı

<https://www.fpe.net.au/food-inspection/food-meat-inspection-equipment/x-ray-inspection/>

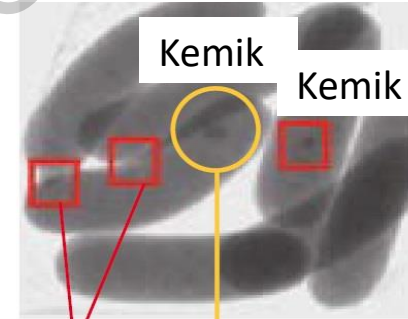
Tekniğin bilinen durumunda, X-Ray görüntüleme tekniği **gıda sektöründe farklı amaçlarla kullanımı** giderek yaygınlaşmaktadır. Özellikle **gıda ürünleri içindeki farklı yoğunluktaki yabancı maddelerin algılanmasında** tercih edilmektedir. Bunun yanı sıra **paket içi ürün kalitesini ve sayısını da farklı yöntemlerle** (köşeleri sayma vb) belirleme çalışmaları ve patentler de (JP2012242289A) bulunmaktadır.



Sosis



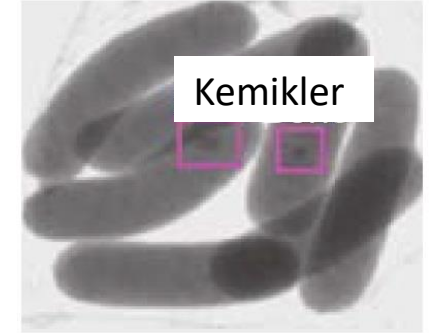
Konvansiyonel  
Teknoloji



Hatalı  
Algılama

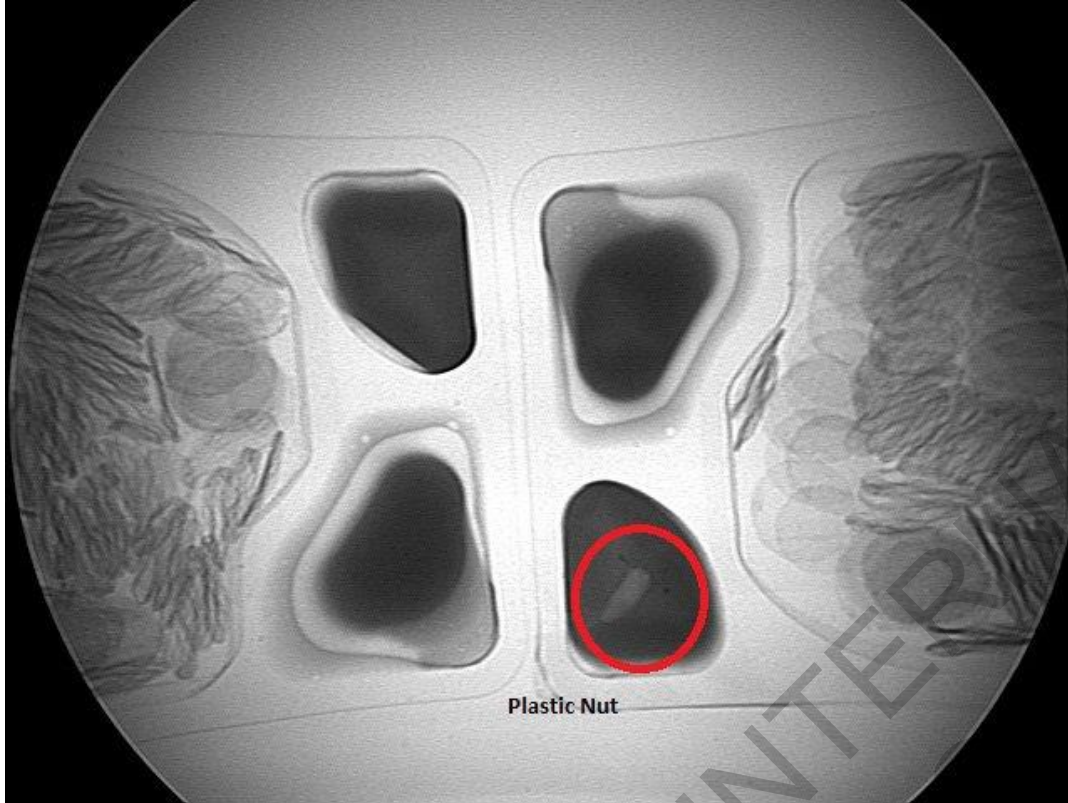
Algılanmayan  
Maddeler

İleri Görüntü İşleme  
Teknolojisi

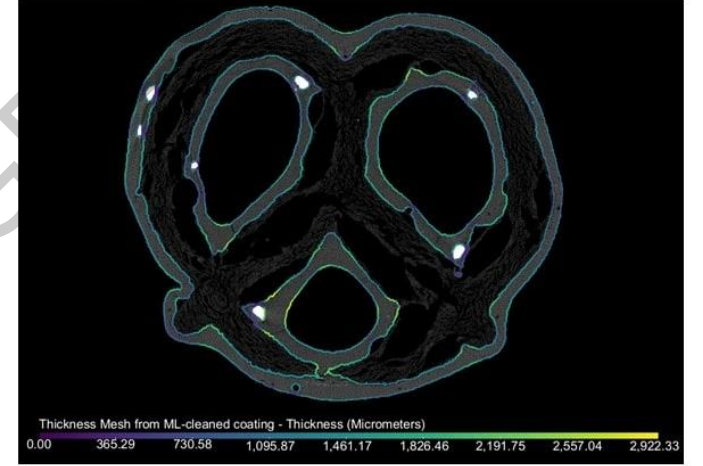
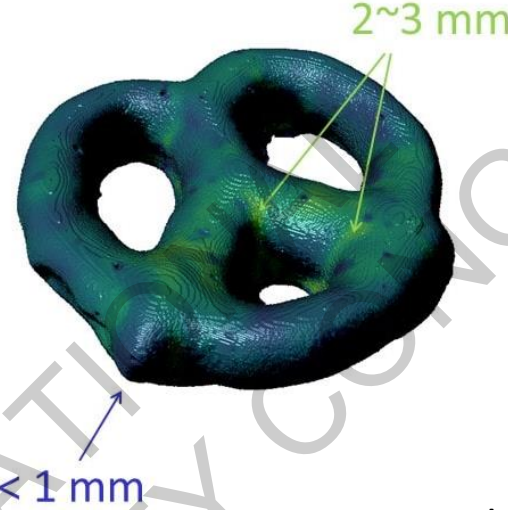
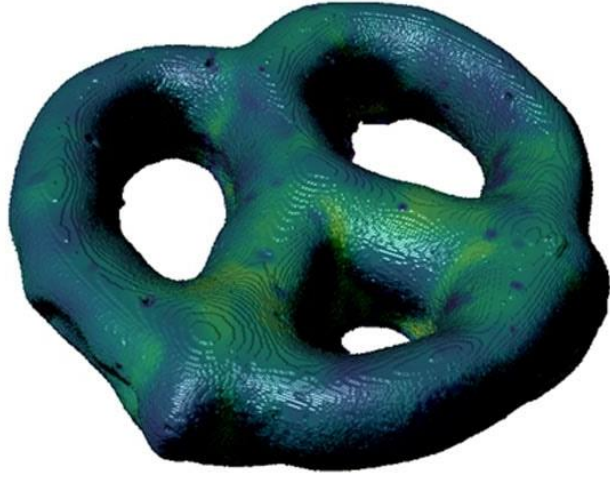


Algılanmamış  
Kemik Kalıntıları

Şekil 6. Gıda Uygulamalarında X-Ray Görüntüleme sisteminin kullanımı



Şekil 7. Ambalaj yapışma kalitesi, gıda ürünlerindeki çeşnilerin dağılımı ve hata analizi



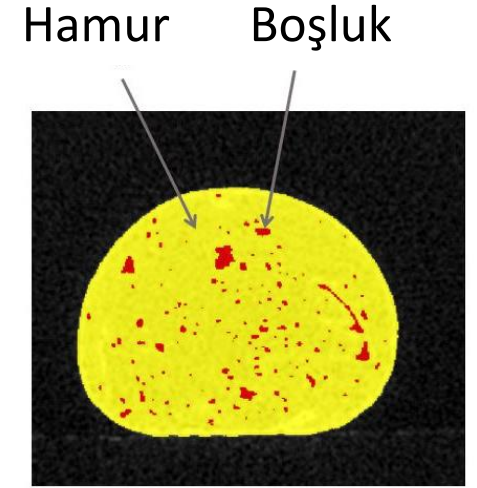
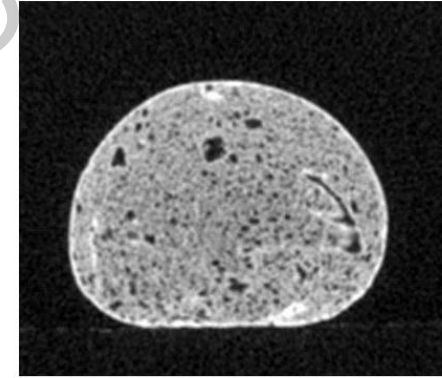
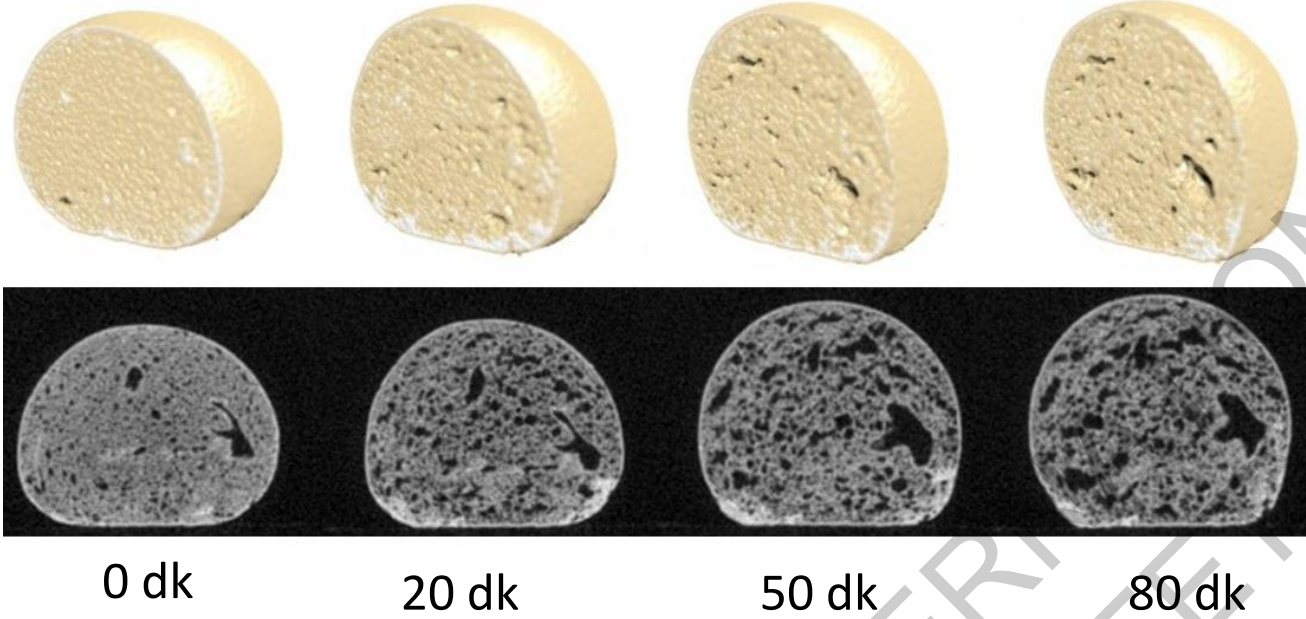
X-Ray teknolojisinin Gıda yüzeyinde kaplama, tuz taneleri ve diğer bileşen dağılımının analizi,

Kalınlık maksimum 2 mm, Ortalama 1,3 mm

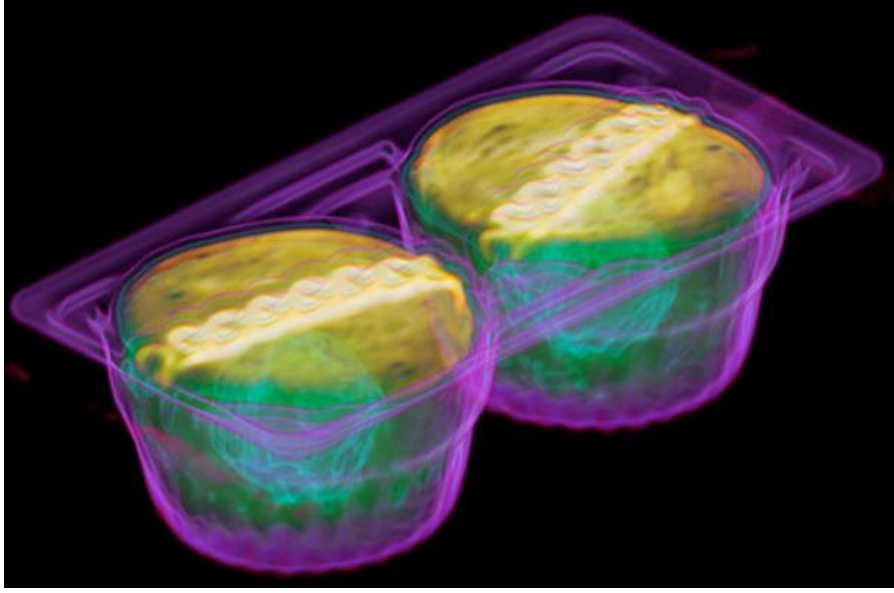
X-Ray teknolojisinin Pretzel kostikleme sonrası **kostik derinliğinin** analizi,

Şekil 8. Gıda Uygulamalarında X-Ray Görüntüleme sisteminin kullanımı

Ekmek hamuru fermantasyon ve boşluk analizi.



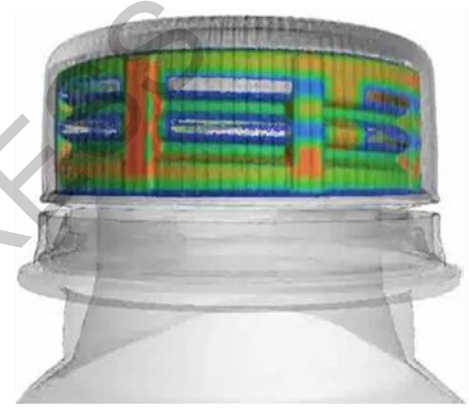
Şekil 9. Gıda Uygulamalarında X-Ray Görüntüleme sisteminin kullanımı



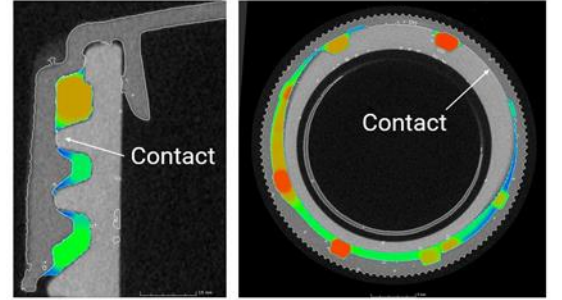
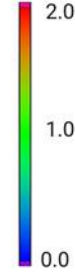
Dolgulu kek dolgu analizi.



Torba ambalajı boyuna yapışma kalitesi



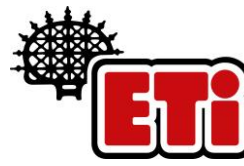
Air gap thickness [mm]



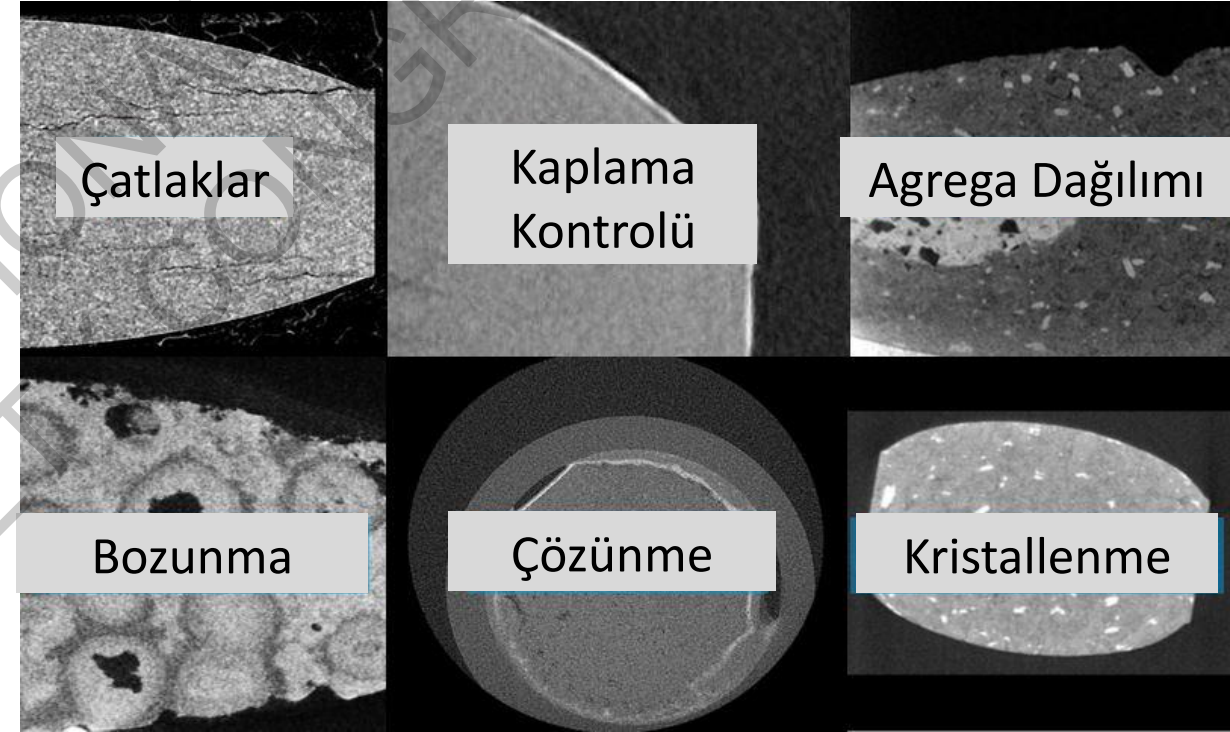
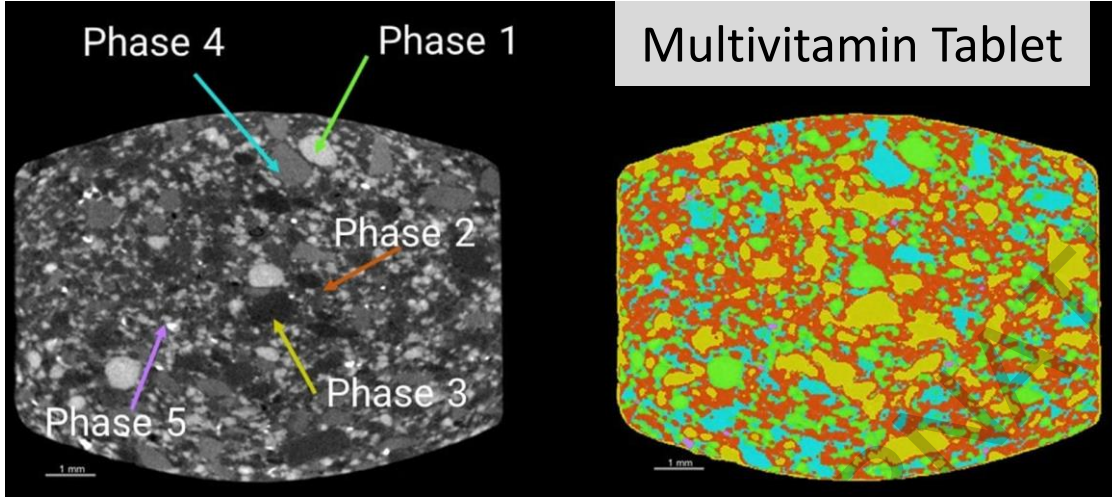
Şişe kapağı sızdırmazlık

Şekil 10. Gıda Uygulamalarında X-Ray Görüntüleme sisteminin kullanımı

# X-RAY GÖRÜNTÜLEME TEKNİĞİ UYGULAMALARI (İLAÇ)



X-ray CT (bilgisayarlı tomografi), **tahribatsız bir 3D görüntüleme tekniği** olarak **ilaç sektöründe** de kullanılmaktadır. Hataların ortaya çıkarılması için; **Öğütmeden veya kimyasal analize tabi tutmadan** tabletlerin, hapların ve kapsüllerin hatalarının tahribatsız analizleri yapılabilmektedir.



## Bazı Uygulama örnekleri:

- Tabletlerin **çatlak ve boşluk** analizi,
- **Kaplama kalınlığı ve delaminasyon** analizi,
- **Agregalar, amorf, kristal faz** analizi,
- **Bozunma ve çözünme süreci** görüntüleme,
- .....

Şekil 11. İlaç Uygulamalarında X-Ray Görüntüleme sisteminin kullanımı

**ÇOKLU AMBALAJLAR İÇİNDEKİ  
ÜRÜN SAYISININ TANIMLANMASINDA  
YENİ BİR YAKLAŞIM**

---

7th INTERNATIONAL CONGRESS  
FOOD SAFETY



## Amaç ve Hipotez:

### MEVCUT DURUM:

Mevcut durumda **X-Ray görüntüleme sistemi; Gıda, İçecek, İlaç, makine ve tesisat uygulamalarında farklı amaçlarla kullanılmaktadır** ve sürekli gelişim halindedir. Gıda uygulamalarında **X-ray ile paket içi görüntüleme yapan, kusurlu ürünleri tespit** eden ve **otomatik olarak ayıklayan** sistemler bulunmaktadır.

### AMAÇ:

Paketlenmiş ürünlerin tüketiciye **yabancı maddeden arındırılmış ve beyan edilen miktarda** verilmesi üreticiler için en önemli konulardan biridir. Özellikle **paket üzerine ürün sayısının yazılma zorunluluğu** olduğu ve **birim ürün ağırlık değişimlerinin yüksek** olduğu uygulamalar için, **ağırlık bazında doğrulama yerine farklı bir doğrulama** sistemi geliştirilmesi amaçlanmıştır.

### HİPOTEZ:

**Çoklu ambalajlanmış gıda ürünü ambalajlarının içindeki ürünlerin sayısı; X-Ray görüntüleme ve görüntü işleme algoritmaları ile daha yüksek doğrulukta** sağlanabilir.

X-Ray görüntü işleme algoritmalarında **standart olarak bulunmayan bir algoritma geliştirilerek**, torba paket içinde **dağınık ve rastgele pozisyonda olan ürün veya paketlerin sayısını ve eksik adetlerinin tespit edilmesini** sağlayan bir uygulama geliştirilmiş ve test edilmiştir. Bu uygulama ile, **standart X-Ray cihazlarından bir arayüz ile PC'ye aktarılan X-Ray görüntüleri**, geliştirilen algoritma ve yazılım ile işlenerek kullanılmaktadır.

X-Ray görüntülerinin oluşturduğu **gri renk tonlarının yoğunluk değişimleri (0 ile 255) ve aynı grilikteki pixel<sup>2</sup> alanla çarpılarak nümerik verilere dönüştürülmüş**, bu nümerik verilerden hareketle **paket içindeki ürünlerin sayısının tespitinin üzerinde** testler yapılmıştır.

**Sıfır hatayı** sağlamaya katkı sağlayacak bu yöntem ve teknoloji ile, **var olan ürün güvenliğini sağlamaya yönelik sistemlere ek veya tekil olarak, bu sistemin yaygın şekilde kullanılabileceği** düşünülmektedir.

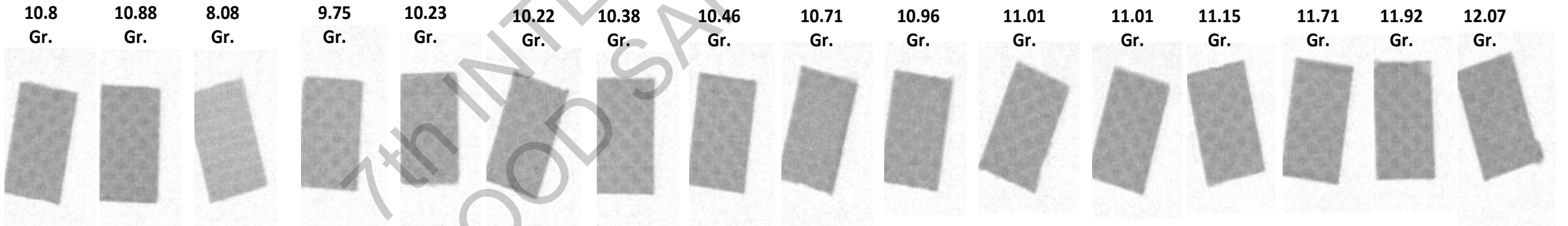
## Ön Deneyler:

### X-Ray Görüntülerini İşleme denemeleri :

Gri tonlamalı görüntü ile elde edilen **toplam grilik değeri** her pikseldeki **grilik değerinin toplamından** elde edilmektedir.

Şekil 12'de , X-ray ile elde edilmiş görüntülere ilişkin deneysel bir çalışmanın sonuçlarını bulmaktadır;

**Arası kremalı 3 katlı gofret dilimleri** X-Ray'de tekli olarak taratılarak görüntüleri üretilmiştir. Ürünlerin **ön yüzey alanları sabit tutularak ve kalınlıkları** (ağırlıkları) değiştirilerek **her bir ürün için X-Ray görüntüleri** alınmıştır. **Ağırlıkları fazla olan ürünler daha yüksek grilikte görüntüler verirken, düşük ağırlıklı ürünler daha açık grilik değeri vermektedir.** Geliştirilen yöntemle **griliklerin yoğunluğundan yararlanılarak** ürün tanımlamaları yapılmıştır.



Şekil 12. X-Ray görüntülerinin ürün kalınlığı-grilik ilişkisi

## Ön Deneyler:

Ön deneylerde Her ürüne ait görüntü işleme yapılarak pixel alan değeri ve toplam grilik değeri hesaplanmıştır. Tablo 1 ve 2'de bu veriler görülmektedir.

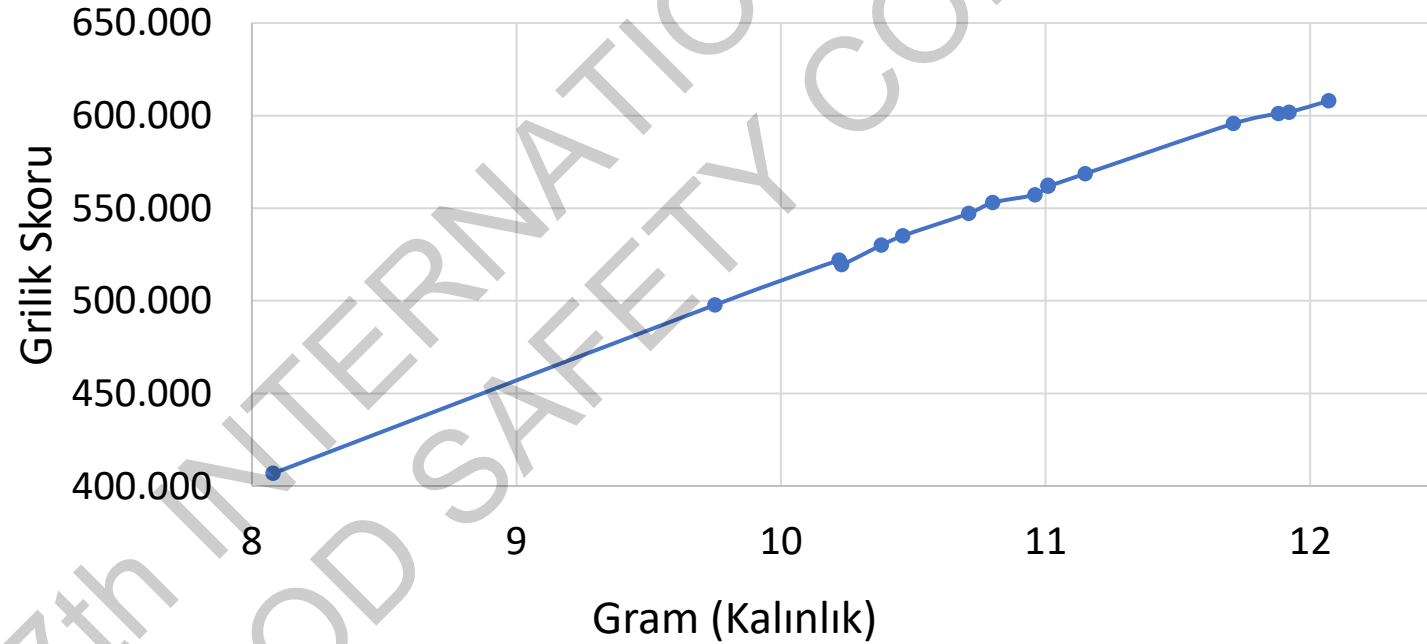
Tablo 1'deki Ağırlık (Kalınlık) değerleri farklı ürünlere ait **grilik değerleri**, alan değerleri, **alan/gr**, **grilik skoru/gr** görülmektedir. Tablodan de görüleceği üzere; **Grilik değeri ile kalınlık (ağırlık) arasında doğrusal bir ilişki vardır.**

Tablo.1: Deneme Ürünlerin X-Ray Verileri ve Grilik Analizi

Ürün Ağırlığı (Gr)	Alan (Pixel <sup>2</sup> )	Norm.Alan (X/Xort)	Grilik	Norm.Grilik (X/Xort)	Grilik/Gr	Norm.Grilik/Gr (X/Xort)	Alan/Gr	Norm.Alan/Gr (X/Xort)
8,08	5.985	0,93	406.893	0,74	50.358	0,99	741	1,23
9,75	6.224	0,97	497.825	0,91	51.059	1,00	638	1,06
10,22	6.237	0,97	521.993	0,95	51.076	1,00	610	1,02
10,23	6.216	0,97	519.594	0,95	50.791	1,00	608	1,01
10,38	6.443	1,00	530.165	0,97	51.076	1,00	621	1,03
10,46	6.354	0,99	535.153	0,98	51.162	1,01	607	1,01
10,71	6.437	1,00	547.260	1,00	51.098	1,00	601	1,00
10,80	6.403	1,00	553.089	1,01	51.212	1,01	593	0,99
10,96	6.450	1,00	557.367	1,02	50.855	1,00	589	0,98
11,01	6.495	1,01	562.407	1,03	51.081	1,00	590	0,98
11,01	6.392	0,99	561.937	1,03	51.039	1,00	581	0,97
11,15	6.571	1,02	568.687	1,04	51.003	1,00	589	0,98
11,71	6.742	1,05	595.751	1,09	50.875	1,00	576	0,96
11,88	6.693	1,04	601.228	1,10	50.608	0,99	563	0,94
11,92	6.638	1,03	601.847	1,10	50.491	0,99	557	0,93
12,07	6.641	1,03	608.029	1,11	50.375	0,99	550	0,92
<b>ORTALAMA</b>	<b>10,77</b>	<b>1,00</b>	<b>548.077</b>	<b>1,00</b>	<b>50.885</b>	<b>1,00</b>	<b>601</b>	<b>1,00</b>
<b>STD.SAPMA</b>	<b>0,95</b>	<b>0,03</b>	<b>48.059</b>	<b>0,09</b>	<b>272</b>	<b>0,01</b>	<b>43</b>	<b>0,07</b>
<b>%STD.SAPMA</b>	<b>8,85</b>	<b>3,04</b>	<b>8,77</b>		<b>0,54</b>		<b>7,08</b>	

Tablo 1 ve Tablo 2’de verilen deney verilerinden hareketle; **Grilik değeri ile kalınlık değeri** arasında güçlü bir ilişki bulunduğu sonucu çıkarılmıştır.

**Ağırlık (Kalınlık)-Grilik değerinin doğrusal ilişkisi Şekil 13’de grafik olarak verilmiştir.**

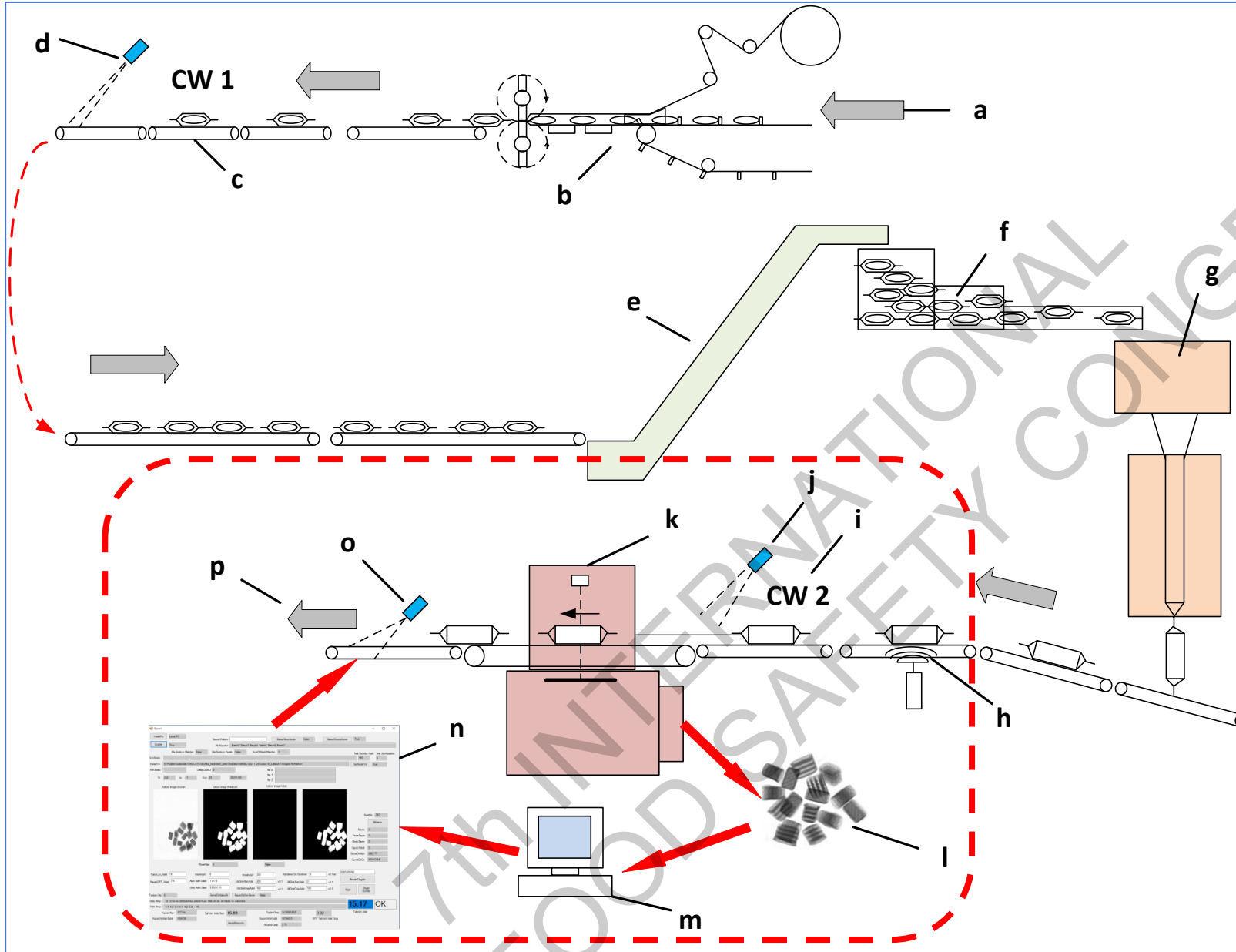


Şekil 13. Grilik değeri, Ağırlık ve alan ilişkisi



7th INTERNATIONAL  
FOOD SAFETY CONGRESS

## ENDÜSTRİYEL TESTLER-UYGULAMA



- a. Üretim hattı geliş
- b. Birincil ambalajlama
- c. Check Weigher 1
- d. Ayıklama 1
- e. Z Konveyör
- f. Sayma ünitesi
- g. Çoklu Ambalajlama
- h. Vibrasyon
- i. Check Weigher 2
- j. Ayıklama 2
- k. X-Ray Cihazı
- l. X-Ray Görüntüsü
- m. PC
- n. Görüntü İşleme
- o. Ayıklama 3
- p. Bitmiş Ürün

Şekil 14. Hibrit Kontrol sistemleri ve X-Ray Uygulaması

## ENDÜSTRİYEL TESTLER-UYGULAMA

Araştırma, **tekil ambalajlanmış veya ambalajlanmamış olarak çoklu ambalaj içerisine konulmuş dağınık ve rastgele pozisyonlarda** konumlanan gıda ürünlerinin X-Ray görüntülerinden yararlanılarak **çoklu ambalaj içerisindeki ürün sayılarını yüksek doğrulukta** tanımlanabilmesi ve **hatalı paketlerin ayıklanabilmesi** üzerinedir. Bu uygulamada **mevcut ürün kalitesi kontrol sistemlerine ilave olarak** yeni bir yöntem ve teknolojinin kullanımı test edilmiştir.

Şekil 14'den de görüleceği üzere; üretim hattından yüksek hızda (450 adet/dk) akan ürünlerin tekli yatay ambalajlanmaları (Şekil 14,b) sonrasında tekli ürünlerin ağırlıkları tanımlanan bir aralıkta check weigher aracılığı ile tanımlanmaktadır (Şekil 14,c).Tanımlanan aralığın dışındaki ürünler check weigher'den alınan sinyal vasıtasıyla ayıklanmaktadır (Şekil 14,d). İlaveten ambalajlama hatalı ürünler de ambalaj makinesinden alınan sinyallerle ayıklanmaktadır.

Tekli ambalajlanmış ve check weigher'den (Şekil 14,c) geçmiş doğru ağırlık aralığındaki ürünler torba ambalaj makinesi girişinde bulunan ve serbest düşme mantığı ile çalışan sayma ünitesine (Şekil 14,f) beslenmektedir.



## ENDÜSTRİYEL TESTLER-UYGULAMA

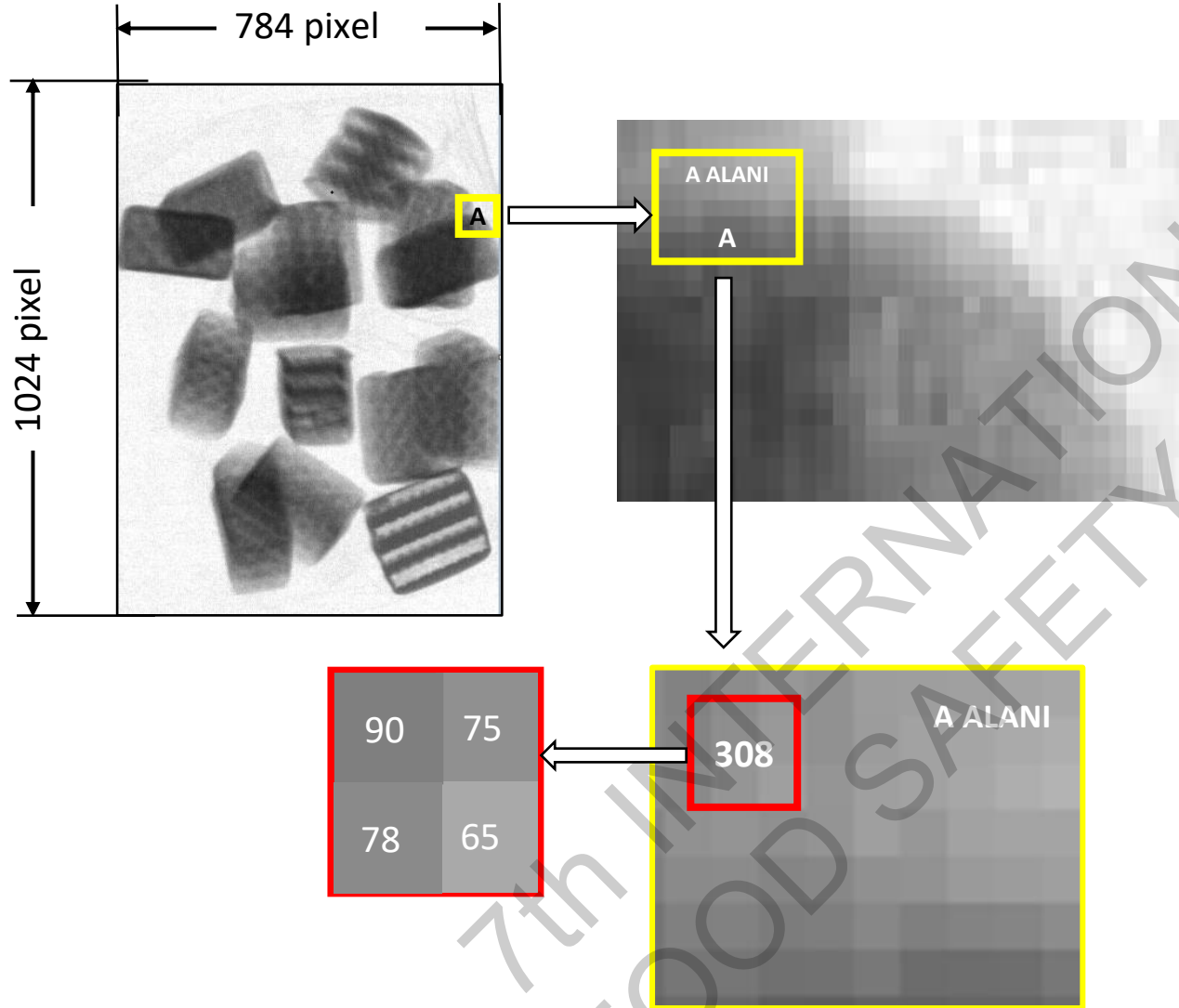
- Çoklu torba ambalaj içerisinde taahhüt edilen sayıya (15 adet) ulaşıldığında yol kapatılarak torba ambalaj (Şekil 14,g) kapatılmaktadır. Torba ambalajlar 2. bir check weigher'den (Şekil 14,i) geçirilerek paket ağırlıklarının tanımlanan sınırlar içerisinde olup olmadığı ( $15 \times 10 = 150 \text{ gr} \times \pm\%4,5$ ) (143,25-156,75 gr) ve beyan edilen paket ağırlığı kontrol edilmektedir. Ürün özellikleri, kullanılan teknoloji vb etkilerden dolayı ve birim üründeki gramaj salınımı ortalamasının ( $10/15 = 0,67 \text{ gr}$ ) toplam ürün sayısı dikkate alındığında 1 ürüne veya fazlasına karşılık gelmesi durumunda,  $14 \times 10,67 = 149,38 \text{ gr}$  olarak paket ağırlığı gerçekleşmektedir. Bu durumda ***paket ağırlığı doğru iken, paket içi ürün adedi 15 yerine 14 olarak gerçekleşmektedir.*** Paket üzerine 15 adet olarak yazılmasına rağmen, paket ağırlığı tam olarak sağlanırken, ***paket içi sayı taahhüdü yerine getirilmemiş*** olmaktadır. Tersine; birim ürün ağırlığının ***10 gr yerine 9,38 gr veya altında gerçekleşmesi*** durumunda; paket ağırlığı 15 adet ürünle ( $15 \times 9,38 = 140,7 \text{ gr}$ ) olarak sağlanmaktadır. Bu da ***kanuni alt sınırın (143,25) altında*** bir değere karşılık gelmektedir.

## ENDÜSTRİYEL TESTLER-UYGULAMA

Sözü edilen aksaklıkları ortadan kaldırmak için, torba ambalajların torba ambalajlama (Şekil 14,g) sonrası kullanılan Check Weigher vasıtasıyla ağırlıkları kontrol edilmekte, ***paketlerin tanımlanan sınırların dışında ( $\pm\%4,5 \times 150 = 143,25-156,75$ ) olmaması*** sağlanmaktadır. Sınır dışında olan ambalajlar ***CW 2'den gelen sinyallerden tetiklenen*** ayıklama mekanizması (Şekil 14,j) ile ayıklanmaktadır. ***Sınırlar içerisinde olarak tanımlanan ambalajlar***, son kontrol noktası olarak ***X-Ray kontrol cihazına*** (Şekil 14,k) gönderilmektedir. Buradaki sınır değerleri kullanıcı, ***tüketici lehine değiştirilebilirken***, tersine bir uygulamaya ***cihazlar izin vermemektedir.***

X-Ray cihazından alınan her bir pakete ait görüntü (Şekil 14,l) bir arayüzle PC'ye (Şekil 14,m) aktarılmakta. Elde edilen görüntüler (Şekil 14,n) Halcon kütüphanesinden de yararlanılarak ve ***amaca özel geliştirilmiş bir görüntü işleme programı*** aracılığı ile modellenmektedir.

## X-Ray Görüntülerinin Görüntü İşleme Programı aracılığı ile işlenmesi

**X-Ray Gri Yoğunluk Tanımlaması:**

Resim yatay 784 ve dikey 1024 çözünürlüklüdür. Bu çözünürlük uygulamaya göre değişebilmektedir. Her pixel gri ölçek içinde 0 ile 255 arasında sayısal değer alır.

Gri ölçekte;

**0: Mutlak Beyaz,**

**255: Mutlak Siyah**

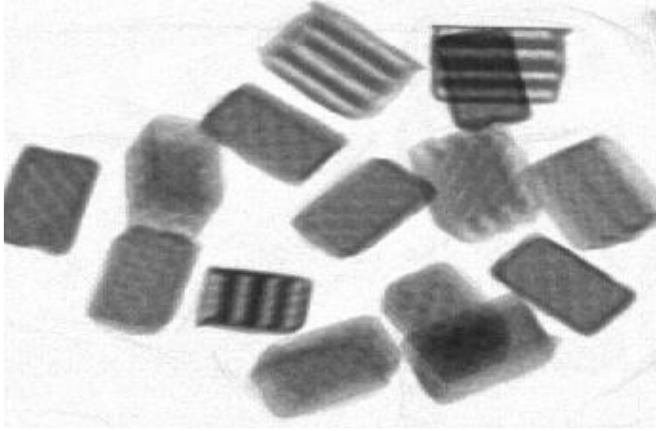
renk olarak tanımlanmıştır.

X-Ray'den alınan görüntüler PC'ye aktarılmakta ve görüntü işleme programı aracılığı ile her bir paket için grilik haritaları oluşturulmaktadır.

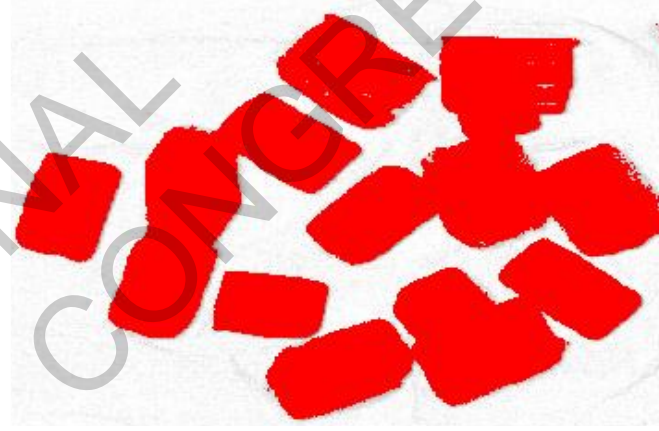
Şekil 15. X-Ray Görüntülerinin nümerik değerlere dönüştürülmesi

## X-Ray Görüntülerinin Görüntü İşleme Programı aracılığı ile işlenmesi

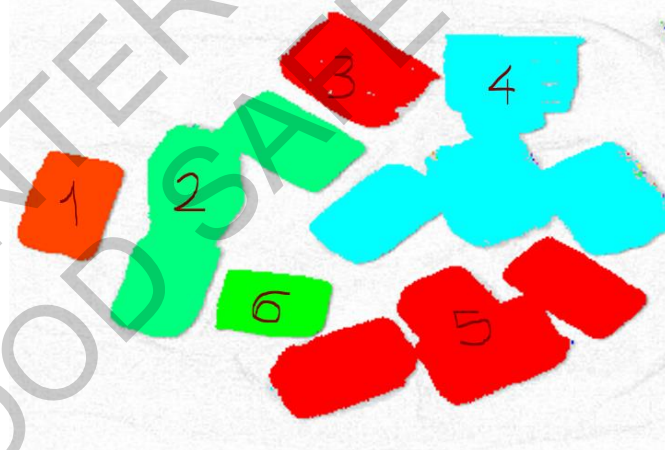
X-Ray Görüntüsü



Ürünlerin Alan tanımı, filtreleme



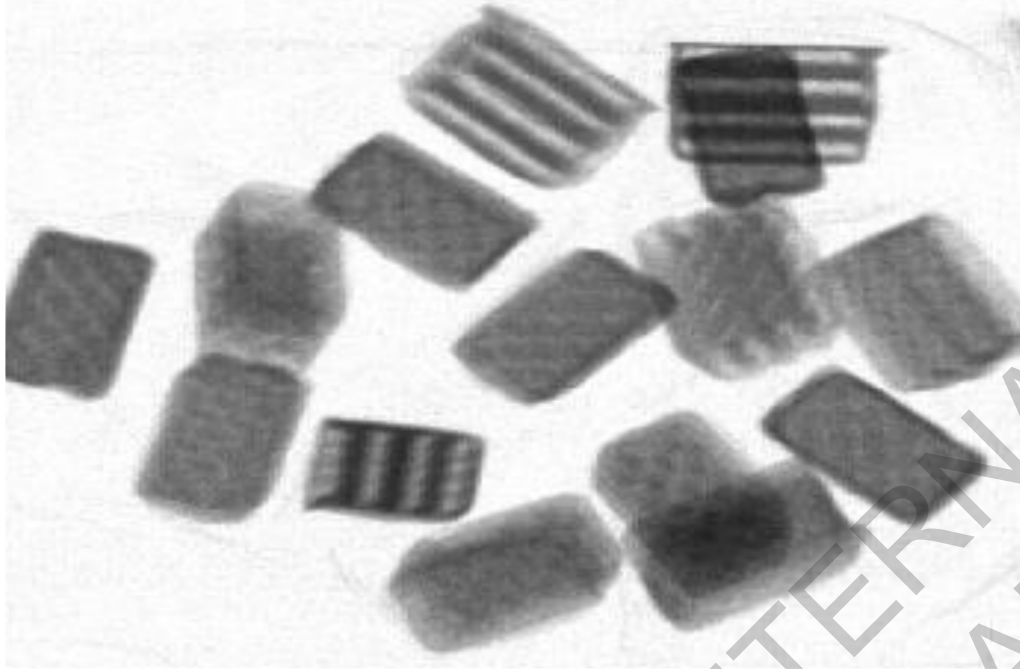
Bağımsız alanların tanımlanması



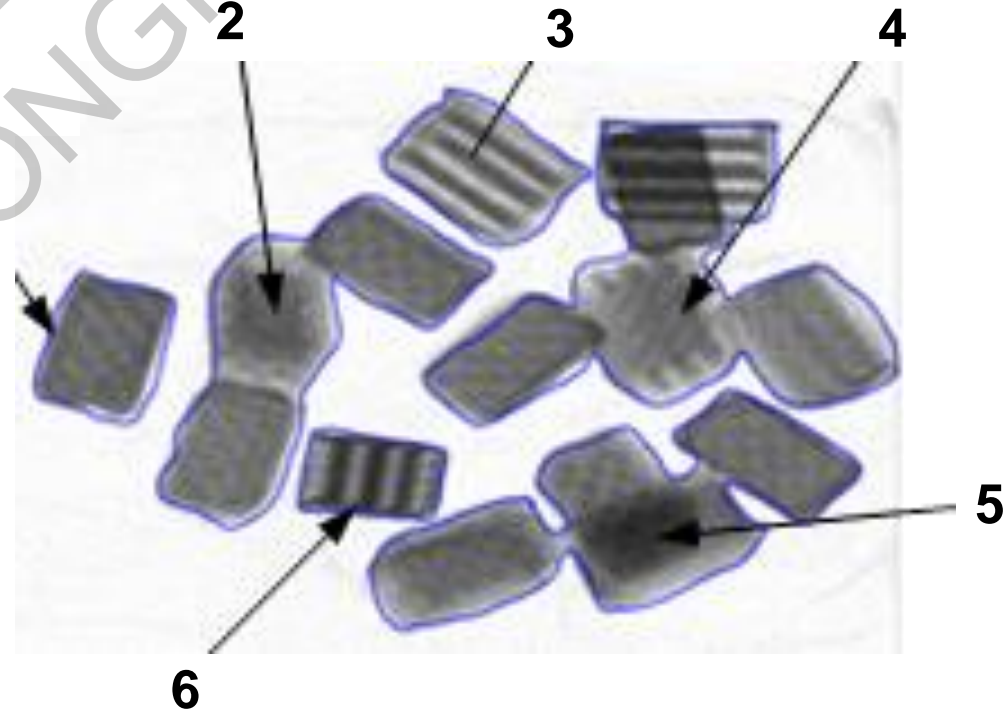
Şekil 16. X-Ray Görüntülerinin işlenmesi, filtreleme, gruplama.

X-Ray Görüntülerinin Görüntü İşleme Programı aracılığı ile işlenmesi

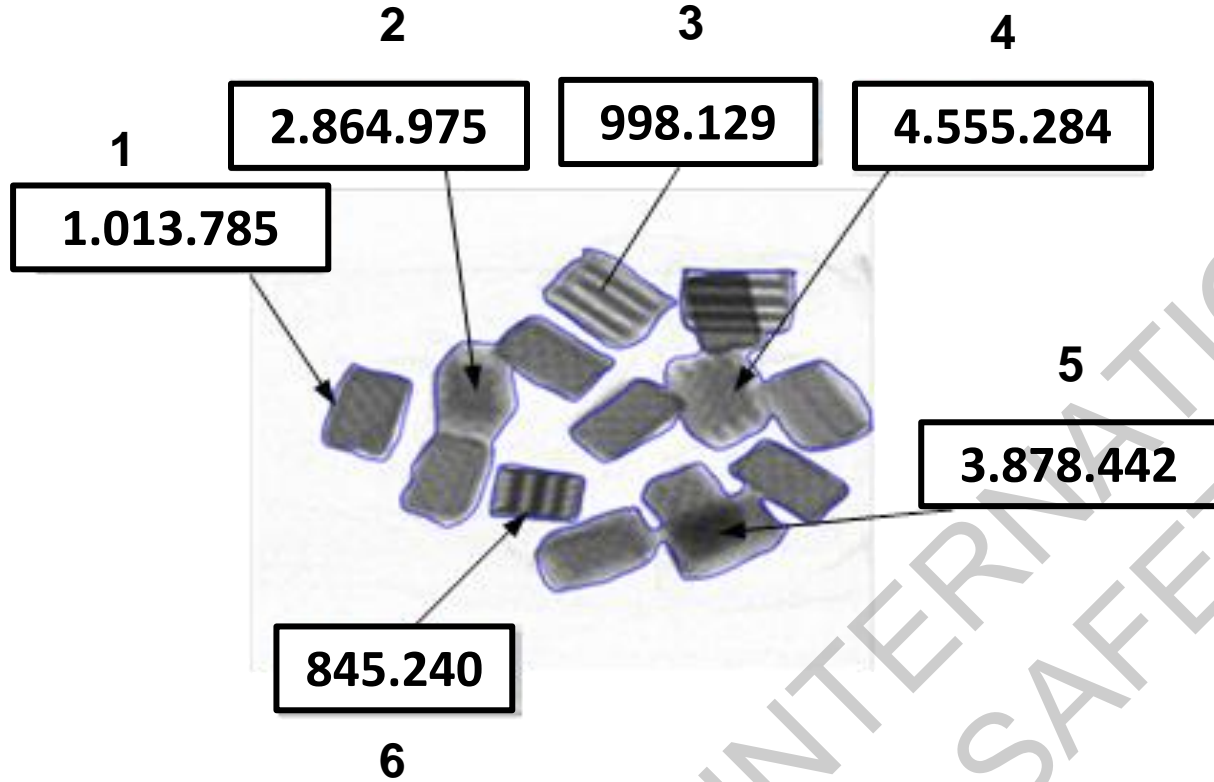
X-Ray Görüntüsü



Ürünlerin Oluşturduğu bağımsız alanların tanımlanması



Şekil 17. X-Ray Görüntülerinin işlenmesi, grupların alan tanımlaması.

Bağımsız alanların (pixel<sup>2</sup>) toplam grilik skorlarının hesaplanması

Tablo 2. Ürün Grupları ve Grilik skorları

Bağımsız Alan No	Gri Skor	Ürün Sayısı
1	1.013.749	1,09
2	2.864.975	3,07
3	998.129	1,07
4	4.555.284	4,88
5	3.878.442	4,16
6	845.240	0,91
Toplam Gri Skor (1+2+..+6)		14.155.819
Beklenen Ürün Sayısı (Adet)		15
Ortalama Gri Skor*		<b>933.243</b>
Tanımlanan Ürün Sayısı (Adet)		<b>15,17</b>

**Grilik Ortalama Değeri  
(Toplam Grilik/Adet):**

**933.243**

\* Geriye Dönük X adet Paketin ortalama grilik değeri

Şekil 18. X-Ray Görüntülerinin işlenmesi, gri renk skorları.

Batch2 Batch3 Batch4 Batch5 Batch6 Batch7

0

145
  g

E:/Projeler/calismalar/CIKOLATA/cikolata\_minikaram\_adet/Dosyalar/mekitec/20211125/cosco15\_2/Batch7/Images/NoMarker/

0

2021
  11
  25

0

15
  0
  200
  6 x0.1 sn

15
  7127.8
  200 x0.1
  0 x0.1

933243.18
  160 x0.1
  145 x0.1

6

1013748.54 4555283.92 2864975.22 998129.04 3878442.16 845239.8

1.1 4.9 3.1 1.1 4.2 0.9 = 15
  107144
  15.03
  14155818.69

1404.56
 
 187640.57
 
 2.75

292

2
  0
  0
  0
  6962.77
  935443.64

Şekil 20. Görüntü işleme ve operatör ara yüzü

## SONUÇLAR

- X-Ray görüntüleri ve görüntü işleme algoritmaları ile çoklu ambalajlar içindeki ürün sayıları **var olan sistemlere göre daha başarılıdır.**
- Özellikle **birim ürün ağırlık değişimlerinin** yüksek olduğu uygulamalarda **çok daha başarılı** sonuçlar üretmektedir.
- **Var olan sistemlerle birlikte kullanılması** durumunda hem paket ağırlığı hem de paket içi ürün sayıları **yüksek hassasiyette** sağlanabilmektedir.
- **Birincil ambalajla paketlenmiş** ürünlerde başarı oranı daha yüksektir.
- **Birbirine yapışmayan ürünlerin** tanımı daha kolay olmaktadır.
- **Saniyede 3 görüntü** sorunsuz işlenebilmektedir.
- X-Ray kullanımının **insan sağlığı ve ürünlere olumsuz bir etkisi bulunmamaktadır.**
- X-Ray kullanılmadan eksik ürünlü paket sayısı **9/1.000** iken; x-ray kullanıldığında **2,5/1.000** 'e seviyelerine indiği belirlenmiştir.
- Geliştirilen bu sistemin **Patent Başvurusu** yapılmıştır.
- Sistem güncel **digital sistemler** (AI, Veri analitiği, Büyük veri vb ) kullanılarak daha da geliştirilebilir.





Şekil 21. Geliştirilen sistemin uygulandığı ürünler

## REFERANSLAR

- [1] <https://www.tarimorman.gov.tr/Konular/Gida-Ve-Yem-Hizmetleri/Gida-Hizmetleri/Kodeks>
- [2] <https://food.ec.europa.eu/horizontal-topics/general-food-law>
- [3] Hyunwoo Lim, Jonghyeok Lee, Soohyun Lee, Hyosung Cho, HunwooLee, DuheeJeon  
 Low-density foreign body detection in food products using single-shot grid-based dark-field X-ray imaging  
Journal of Food Engineering, Volume 335, December 2022, 111189
- [4] Hildur Einarisdóttir, Monica Jane Emerson, Line Harder Clemmensen, Kai Scherer,  
Konstantin Willer, Martin Bech, Rasmus Larsen, Bjarne Kjær Ersbøll, Franz Pfeiffer  
 Novelty detection of foreign objects in food using multi-modal X-ray imaging  
Food Control, Volume 67, September 2016, Pages 39-47
- [5] Mikkel Schou Nielsen, Torsten Lauridsen, Robert Feidenhans  
 X-ray dark-field imaging for detection of foreign bodies in food  
Food Control, Volume 30, Issue 2, April 2013, Pages 531-535
- [6] Food Process Control, Encyclopedia of Food Microbiology (Second Edition), 2014
- [7] <https://inspection.canada.ca/food->
- [8] <https://www.ishida.com/ww/en/products/weighing/ccw/>
- [9] <https://www.ilapak.com/packaging-machines/weighing-counting>
- [10] Shivangi Kelkar, Carol J.Boushey, Martin Okos  
 A method to determine the density of foods using X-ray imaging  
Journal of Food Engineering Volume 159, August 2015, Pages 36-41
- [11] X-ray applications in food and agriculture: a review May 2013, Transactions of the ASABE
- [12] ReyerZwiggelaar, Christine R.Bull, Michael J.Mooney  
 X-ray Simulations for Imaging Applications in the Agricultural and Food Industries  
Journal of Agricultural Engineering Research, Volume 63, Issue 2, February 1996
- [13] AntonioLourenco, StephanHandschuh, MarkFenelon, Laura G.Gómez-Mascaraque  
 X-ray computerized microtomography and confocal Raman microscopy as complementary techniques to conventional imaging tools  
 for the microstructural characterization of Cheddar cheese  
Journal of Dairy Science, 4 October 2022
- [14] Takahiro Matsui, Tatsuki Kamata, Shige Koseki, Kento Koyama  
 Development of automatic detection model for stem-end rots of ‘Hass’ avocado fruit using X-ray imaging and image processing  
Postharvest Biology and Technology, Volume 192, October 2022, 111996

[agorgulu@etigida.com.tr](mailto:agorgulu@etigida.com.tr)

[munlu@etigida.com.tr](mailto:munlu@etigida.com.tr)

7th INTERNATIONAL  
FOOD SAFETY CONGRESS