TEKNOFEST

HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

TARIM TEKNOLOJİLERİ YARIŞMASI

PROJE DETAY RAPORU

TAKIM ADI
A-Virulan

PROJE ADI
Aflatoksinli İncir Ayıklama Sistemi: **INASIS**

BAŞVURU ID

467688

İçindekiler

1.Proje Özeti / Proje Tanımı 3

2.Problem / Sorun 4

3.Çözüm 7

4.Yöntem 7

5.Yenilikçi (İnovatif) Yönü 11

6.Uygulanabilirlik 12

7.Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması 13

8.Proje Fikrinin Hedef Kitlesi (Kullanıcılar) 14

9.Riskler 14

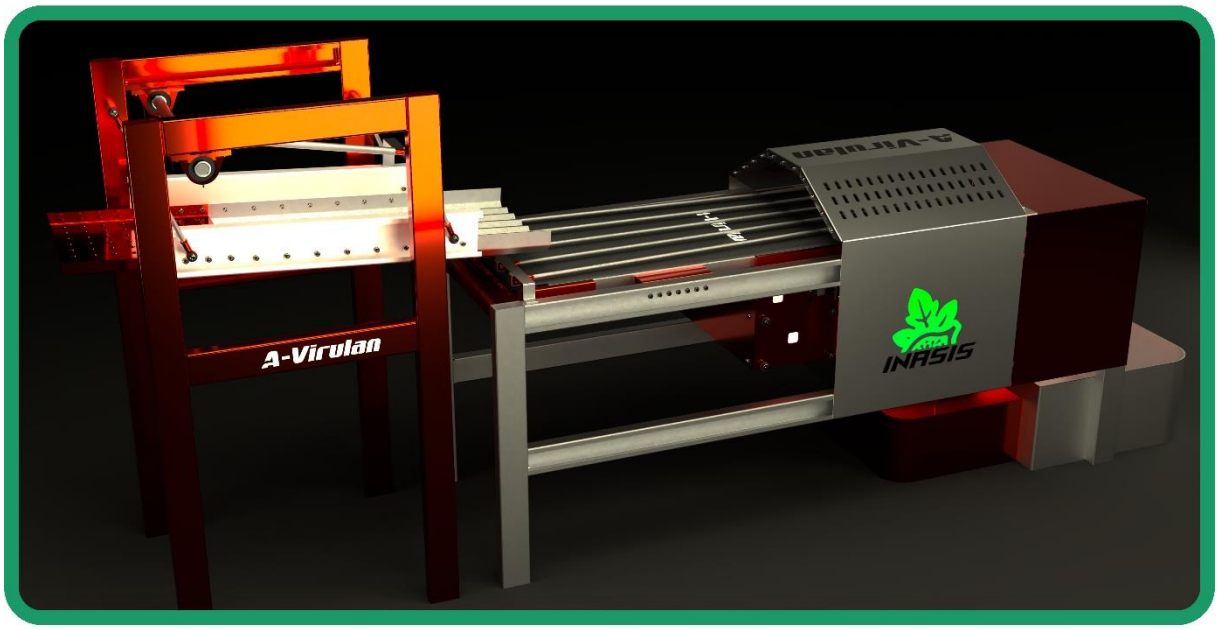
10.Referans / Kaynakça 15

11.Ekler 16

1.Proje Özeti / Proje Tanımı

Mikotoksinler, bazı mantarlar tarafından üretilen gıda, tahıl, yem ve benzeri kuru gıdalarda rutubetin artmasına ve sıcaklığa bağlı olarak ortaya çıkan toksin maddelerdir. ***Mikotoksinler*** arasında en yaygın ve insan sağlığı açısından en fazla risk teşkil eden toksin ***"Aspergillus"*** cinsi mantarlar tarafından üretilen **aflatoksindir**. Doğada çok yaygın bulunan **"Aspergillus"** cinsi mantarlar, tüm iyi tarım uygulamalarına rağmen engellenememektedir. Yüksek dozda alınan aflatoksin, insan ve hayvanlarda akut ve kronik seyirli **"aflatoksikoz (mikotoksikoz)"** oluşturmaktadır. Aflatoksinlerin **siroz**, **hepatit**, **kronik gastrit**, **Reye sendromu** ve **böbrek hastalıklarına** neden olduğu bilinmektedir. Aynı zamanda **aflatoksin** ile kontamine olmuş gıdaların ihraç ürünleri içerisinde bulunması dış ticareti olumsuz etkileyen bir unsurdur. Mevcut sebepler **aflatoksin** ile kontamine olmuş ürünlerin ayıklanmasını zorunlu kılmıştır.

Resim 1



Resim 1 *Fusion 360 ile Alınmış Render Görseli*

Tasarım: Sistem tasarımı **Fusion 360** da modellenmiş olup tasarım sürecindeki modelleme proje ekibimize aittir. Tasarım sürecinde kullanılan malzemelerin yerli ürünler olmasına dikkat edilmiştir. Tasarımın aynısı ve benzeri bulunmamaktadır.

Yazılım: Sistemin yazılım aşamasında **GUI** tasarımı **Tkinter** kütüphanesi kullanılarak oluşturulmuştur. **Tensorflow** kütüphanesi kullanılarak yapay zekâ eğitimleri gerçekleştirilmiştir. Görüntü işleme ve **HSV** renk uzayında florans değerlerinin algılanması amacıyla **OpenCV** kütüphanesi kullanılmış olup **İmutils** kütüphanesi ile image processing işlemleri gerçekleştirilmiştir.

Montaj: INASIS' in montaj aşamaları ilçemiz meslek lisesinde tamamlanacaktır.

Hedefimiz **Sanayi 5.0** ile gerçekleşen teknolojik ve yenilikçi teknikleri tarım sektöründe uygulamaktır. Vizyonumuz **"Aflatoksinli İncir Ayıklama Sistemi: INASIS"** ile **"Avrupa Birliği (AB)"** nezdinde tescillenmiş olan **7 coğrafi işaretli** ürünümüzden ikisi olan **incir ve kayısının** tüm proseslerinin **insan eli değmeden** gerçekleştirilmesidir. Aynı zamanda **aflatoksinle** kontamine olan tüm kuru gıdaların **Sanayi 5.0**' ın getirisi olan yenilikçi teknolojilerle ayıklanmasını sağlayarak insan kaynaklı salgın hastalıkların (bakteriyel, viral ve mitotik enfeksiyonların) önüne geçmektir. Bu bağlamda **INASIS'**le amacımız tarımsal ürünler üzerindeki sağlığa zararlı maddeleri hatasız ayıklamak ve ülkemizin tarım alanında dijital dönüşümünü destekleyerek **Milli Teknoloji Hamlesine** katkı sağlamaktır.

2.Problem / Sorun

- ***Aflatoksinler***, gıda ve yemlerin üzerinde ya da içinde bulunabilen ***Aspergillus flavus*** ve ***Aspergillus parasiticus*** tarafından üretilen sekonder toksik metabolitlerdir. Tarımsal ürünlerde **B1, B2, G1, G2**; hayvansal ürünlerde de **M1** ve **M2** olmak üzere toplam 6 tipi bulunur. **Aflatoksinler** dünyada en çok bilinen ve en çok araştırılan mikotoksinler olup oluşmaları, rutubet ve sıcaklık gibi bazı çevresel faktörlere bağlıdır. Kontaminasyonun miktarı; **coğrafi yerleşime**, **hasat**, **depolama** veya **işleme süreleri esnasında uygulanan zorunlu tarımsal faaliyetler** ve uygun olmayan şartlara bağlıdır**.** Özellikle hasat ve kurutma aşamasında uygun sıcaklık, besin ortamı ve nem, küfün gelişimine sebep olmaktadır.

- **Aflatoksinler** canlı organizmalarda **karsinojenite, teratojenite** ve **mutajeniteye** neden olmaktadırlar. **DNA**, **RNA** ve **protein sentezi inhibisyonu**; çeşitli enzim aktivitelerinde azalma, **glukoz metabolizma depresyonu**; **fosfolipit**, **yağ enzimi, trigliserit, kolesterol ve ester sentezi inhibisyonu**; **pıhtılaşma faktörü inhibisyonu** gibi **metabolik etkileri** vardır.

- Aflatoksin **B1**, güçlü bir **kanserojendir.** Akut nekroz, siroz ve karaciğer kanserine yol açar. Aflatoksin, Uluslararası Kanser Araştırma Enstitüsü **(IARC)** tarafından **1. sınıf kanserojen olarak sınıflandırılmıştır. (IARC, 1993) AFB1**'in kanserojen etkisinin yanı sıra **mutajen, teratojen** ve **immunosupresif** etkilere sahip olduğu hayvan denemelerinde kanıtlanmıştır. **Immunosupresif** etkisi nedeniyle aflatoksin hayvanlarda çeşitli aşılara karşı iyi bir bağışıklık oluşmasını engellemekte, enfeksiyonlara **(salmonellosis, koksidiomikosis)** karşı da direnci azaltmaktadır.

- Hindistan'ın 200 köyünde görülen ve 397 hastadan 106'sının ölümü ile sonuçlanan olaylarda, tüketilen gıdalarda ***Aspergillus flavus'un*** gelişmiş olduğu ve **yüksek miktarda aflatoksin** ürettiği belirlenmiştir.

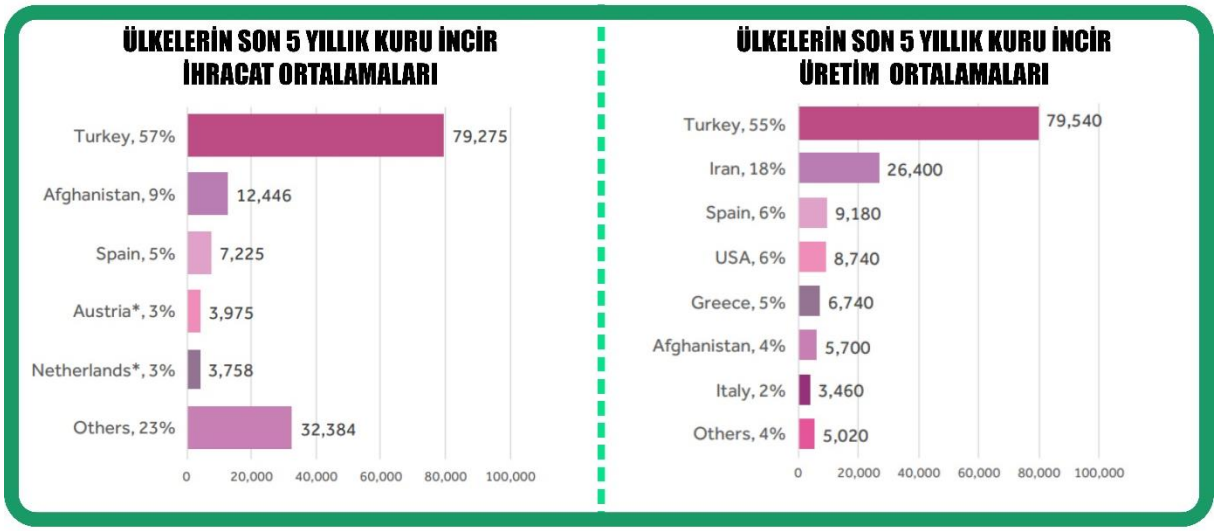
- Kuru incirin **geleneksel üretim tekniği** ve **meyve yapısında bulunan ostiol açıklığı** sebebiyle **meyve içerisinde oluşan aflatoksin**, tüm iyi tarım uygulamalarına rağmen **yıkama** veya **herhangi bir kimyasal** ile yok edilememektedir.

- Meyve üzerinde bulunan aflatoksinin **UV ışık** altında ışıma yapmasını sağlayan **kojik asit** yıkanarak **giderilebilmektedir**. Ancak bu durum **aflatoksin varlığını ortadan kaldırmamakla** birlikte **aflatoksinin tespitini imkânsız hale getirmektedir**. Bu sebeple **geleneksel üretim tekniklerini** kullanan işletmelerde aflatoksinli incirler, işçiler tarafından **UV ışık** altında elle ayıklandıktan sonra yıkama aşamasına geçilmektedir.

● **BGYF (Bright Greenish Yellow Flourescence) metodunun** günümüz şartlarında insan eli ile gerçekleştirilmesi insan kaynaklı **bakteriyel** ve **viral** enfeksiyonlara davetiye çıkarmaktadır. Ayrıca insan kaynaklı hatalar, aflatoksinli incirlerin tamamen seçilememesine sebebiyet vererek hem insan sağlığını tehlikeye atmakta hem de ihraç mallarının yurt dışından geri gönderilmesinde büyük rol oynamaktadır. Bu durumun en büyük göstergesi **AB** tarafından **2007-2008** sezonunda alınan incir partilerinin kontrol sıklığının **%10**'dan **%20**'ye yükseltilmesi kararıdır.

● Türkiye, dünyada kuru incir üretiminde **%56'lık** payla ilk sırada yer almaktadır. İncir, ülkemiz ekonomisi açısından önemli bir gelir kaynağıdır. **2019-2020** sezonunda Türkiye'nin incir ihracatından elde ettiği gelir **241 milyon ABD doları** olup ihracatta kullanılan incirlerin **%51,12'si** Aydın ilinden karşılanmaktadır. İlimiz ve ülkemiz ekonomisi için önemli yere sahip incirlerin son yıllardaki en önemli sorunu aflatoksin oluşumudur.

Resim 2



Resim 2 *Son 5 Yıllık Kuru İncir İhracat ve Üretim Dağılımları*

● Türkiye'de **kuru incirde** ilk aflatoksin sorunu, **1972** yılında Danimarka'ya yapılan ihracatta oldukça yüksek oranda saptanmasıyla ortaya çıkmıştır. Yine **1972**'de ABD'ye ihraç edilen incirlerden büyük çoğunluğu aflatoksin ile kontamine olması sebebiyle geri çevrilmiştir. **(Ekonomi Başkanlığı İhracat Genel Müdürlüğü Tarım Ürünleri Daire Başkanlığı, 2014)**

● Türkiye'nin üretim ve ihracatında dünya lideri olduğu ve Ege Bölgesi'nin en önemli tarımsal ürünleri arasında yer alan kuru incirde 2012 yılında aflatoksin, üretim döneminde yaşanan yoğun rüzgârlar ve sıcaklık yükselişleri sonucunda aşırı artış göstermiştir. Bu sebeple başta AB ülkeleri olmak üzere alıcı ülkelerden geri gelen parti sayılarında önemli artışlar görülmüştür. Bu gelişme üzerine AB otoriteleri tarafından Türkiye kaynaklı kuru incir partilerinde kontrol sıklığı %20'den %30'a yükseltilmesi gündeme alınmıştır. **(Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, 2014)** Günümüzde halen birçok ihraç ürününde yüksek oranda aflatoksin kontaminasyonu ile ilgili uyarılar alınmaktadır.

● Türkiye'nin Antep fıstığı ihracatında da karşılaştığı en önemli sorunlardan birisi aflatoksin sorunudur. **Antep fıstığının** yanı sıra **yer fıstığı** ve **fındık** başta olmak üzere

yenilebilir kabuklu meyveler, yemişler, baharatlar ve tahıllar aflatoksinlerin tehdidi altındadır. Dünyada ticari olarak üretilen yaklaşık **4 milyon ton** sert kabuklu meyvenin **700 bin tonu** fındıktan oluşmaktadır. Türkiye, fındık üretiminde **%75-80'lik** payla dünyada ilk sırada yer almaktadır. Karadeniz bölgesinin, nemli ve yağışlı özelliklerinden dolayı uygun olmayan koşullarda hasat; gereği gibi yapılmayan kurutma ve depolama sonucunda fındıkta aflatoksin oranı artış göstermektedir. Fındıkta aflatoksin sorunu ilk defa **1967** yılında gündeme gelmiş, Kanada'ya ihraç edilen **10 ton** fındık aflatoksin içerdiği gerekçesiyle geri çevrilmiştir. **1971** yılında Amerika'ya ihraç edilen Antep fıstıklarında da oldukça yüksek miktarda aflatoksin saptanmıştır.

● İncir diğer kuru gıdalara nazaran yüksek miktarda **aflatoksin B1** içermektedir. **Dünya Sağlık Örgütünün 1979** yılında farklı hayvan türleri üzerinde yaptığı çalışmalarda aflatoksinin **kanserojenik** etkisinin bulunduğu kanıtlanmıştır. Dünyanın bazı bölgelerinde aflatoksine maruz kalma düzeyleri ile insanlarda karaciğer kanseri görülme sıklığı arasındaki ilişki, aflatoksine maruz kalmanın insan sağlığına olumsuz etkisini açıkça ortaya koymaktadır. **[T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. Kayabaşı İ. Ab Uzmanlık Tezi (2015)]**

● Bölgemizde bulunan incir işleme tesisleri ile yapılan görüşmeler sonucunda bu alanda tespit ettiğimiz eksiklik ve problemler ise şu şekildedir:

1) Aflatoksin kontrolünün yapıldığı karanlık odalarda birçok işçi bir arada çalışmaktadır. İşçiler aflatoksinin tespit edilebilmesi adına uzun süreli olarak **UV** ışık etkisinde kalmakta olup bu durum hücre bölünmesini engelleyerek aşırı hücre büyümesine sebep olmaktadır.

   UV ışığın hücrelerin mutasyonuna sebep olabileceğini ayrıca metabolizma ve protein sentezi üzerine **iyonlaştırıcı radyasyondan** daha fazla etkisi olduğunu tespit ettik. **ISO 45001-İş Sağlığı ve Güvenliği Standartları**' na uygun işletmelerde bu durumu aşmak için koruyucu tedbirler alınmaya çalışılsa da tamamen etkili olunamamaktadır. Ayrıca bölgesel küçük işletmelerin büyük kısmı bu standardı karşılamamaktadır.

2) Fabrikalarda **CCP (Critical Control Point)** öncesi 6-7 kez aflatoksin kontrolü yapılmaktadır. Kontrollerin her biri farklı odalarda farklı işçiler tarafından gerçekleştirilmektedir. Bu durum işletme içerisinde çok fazla alan ve işlem maliyeti gerektirerek verimliliği düşürmektedir.

3) İncir işletme tesislerinde her bir **proses** için (aflatoksin kontrolü, yabancı madde kontrolü, kalite tespit, ebatlama) birden fazla ekipman ve ekstra alan gerektirmektedir.

Bu bağlamda **INASIS** aflatoksinli incirlerin **Sanayi 5.0** standartlarına uygun şekilde ayıklanması ve birden fazla **prosesin** tek konveyör üzerinde toplanmasının **işçi sağlığı**, **ürün kalitesi**, **ayıklama doğruluğu**, **alan tasarrufu** ve **işçi-robot** entegrasyonu ile **enerji veriminin arttırılması** adına temel bir gerekliliktir.

3.Çözüm

Aflatoksinli gıdaların **insan sağlığına** ve **ekonomiye olumsuz etkileri** düşünüldüğünde **incir ve kayısı gibi kuru gıdaların** sanayi 5.0 ile birlikte hayatımıza giren **yenilikçi gıda işleme metotları** ile ayıklanması gerektiği açıktır. Bu bağlamda yaptığımız çalışmalar sonucunda **birincil tasarım aşamasına** başlanmıştır. Birincil tasarımın oluşturulmasında aflatoksinli incirlerin **endüstriyel sistemler kullanılarak ayıklanması** hedeflenmiştir. Bu amaçla oluşturulan tasarım, bölgemizde bulunan **incir tesisleri** ile paylaşılmıştır. Görüşmelerimiz esnasında **firma yöneticilerinin** ve **çalışanların** görüşleri alınmıştır. Bu görüşler:

1) Aflatoksinli incirlerin elle ayıklanmasında çok fazla **iş gücü** ve **zamana** ihtiyaç duyulmaktadır. Tarımda dijital dönüşüm sistemlerinin yaygınlaşması iş gücü ve zamanda tasarrufa gidilerek tarım **sektörü** için büyük **önem arz** etmektedir.

2) İncir fabrikalarının çeşitli departmanlarında yer alan **ebatlama**, **temizleme** ve **paketleme** makineleri saatlik ortalama **3-4 tonluk** mal işleme kapasitesine sahiptir. Bu bağlamda imal edilecek makinenin bu işleme kapasitesine ulaşması beklenmektedir.

3) Fabrikalarda **aflatoksin** kontrolü ışığın bulunmadığı **karanlık odalarda** gerçekleştirilmektedir. Oluşturulacak makinede **UV lamba** ile izlemenin yapılacağı bölümün ışık almadığından emin olunması gerekmektedir.

Bu görüşler kapsamında ikincil tasarım aşamasına başlanmıştır. Oluşturulan ikincil tasarımda; sisteme bir adet **sarsak** eklenmiş, aflatoksin tespitinin doğruluğunu arttırmak adına sisteme **renk sensörleri** eklenmiş, kamera ile **kalite kontrol** ve **yabancı madde** tespiti sağlanmış, **karanlık oda** tasarımı güncellenmiş ve maliyeti düşürmek adına **pnömatik piston** modelden çıkartılarak aflatoksinli ürünün direkt hava enjeksiyonu ile **reject haznesine** düşürülmesi sağlanmıştır.

Bu bağlamda **INASIS** gelişmiş **sensör**, **görüntü işleme** ve **yapay zekâ** altyapısı sayesinde aflatoksinin hatasız ayıklanmasını sağlayarak yerli imkanlarla geliştirilen yazılım ve tasarımıyla **Milli Teknoloji Hamlesi**' ne katkı sağlayacaktır.

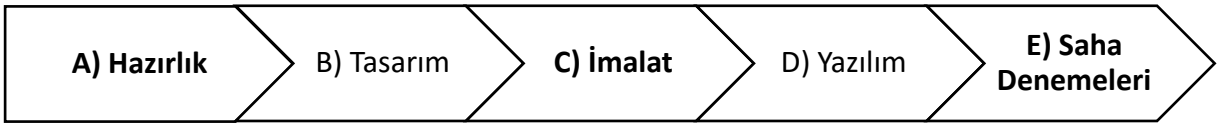
4.Yöntem

Literatür taramalarında **Ülkemizin 2023 vizyonu, TÜBİTAK 2003-2023 hedefleri** doğrultusunda **Tarım ve Gıda alanında:** "Toplumun sağlıklı beslenme gereksinimlerini yeterli nicelik ve nitelikte, ekonomik, ekolojik ve sosyal açıdan sürdürülebilir yollarla karşılamak; verimliliği artan tarım ve tarımsal sanayii ile uluslararası alanda rekabet etmek" hedefi dikkate alınarak **"Aflatoksinli İncir Ayıklama Sistemi: İNASİS"** geliştirilmiştir**.**

Sistem ve yazılımın geliştirilme aşamalarında konu ile ilgili makale ve tezler tarandı. Türk Patent ve Marka kurumunda ürünün aynısı veyahut benzeri hiçbir ürüne rastlanmamış olup **Türk Patent ve Marka Kurumuna** patent başvurusu yapılmıştır.

Hazırlık aşamasında **web kamera**, **bilgisayar** ve **rastlantısal** seçilmiş incirler ile yazılım testleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan testler sonucu tekil işlemede **%99,3** doğruluk oranı yakalanmıştır. Bu bağlamda birincil tasarım oluşturulmuş ve yapılan firma görüşmeleri neticesinde tespit edilen eksiklikleri gidermek amacıyla ikincil tasarıma başlanmıştır.

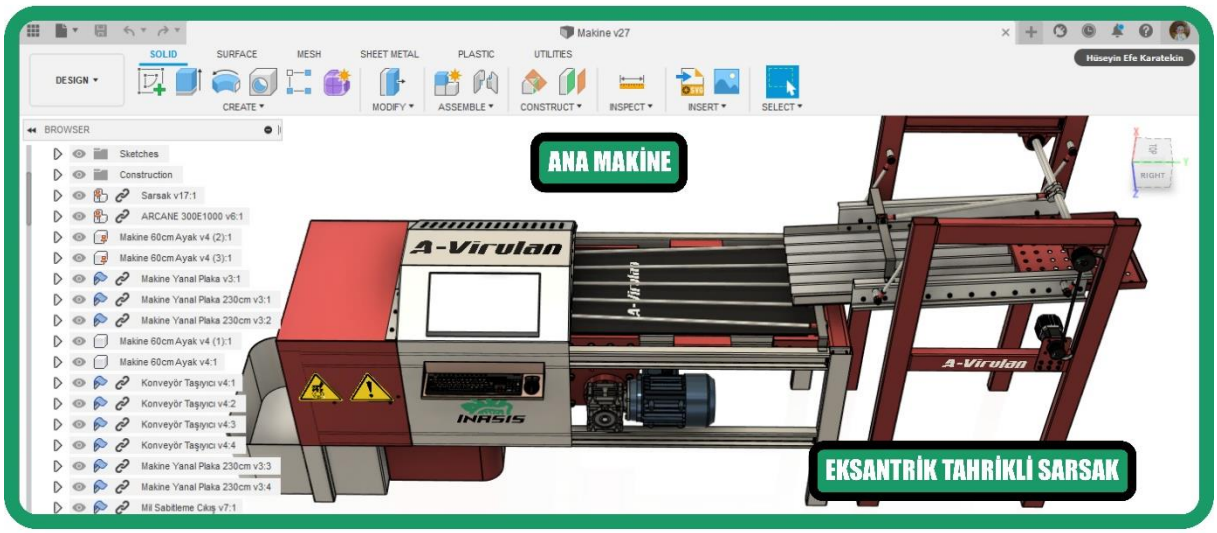
Tasarımın oluşturulma aşamaları:



1) Elektronik ve Mekanik Tasarım:

Aflatoksinli İncir Ayıklama Sistemi: INASIS' in **CAD** modeli **Autodesk Fusion 360** programı ile oluşturulmuştur. Gerekli parçalar **solid**, **sheet metal**, **mesh** ve **surface modelleme** araçları kullanılarak modellenmiştir. Modellenen tüm parçalar **montaj (assembly)** komutları ile birleştirilerek modele **nihai hali** kazandırılmıştır.

Resim 3



Resim 3 *Aflatoksin Ayıklama Sistemi: INASIS' in CAD Görünümü*

Model, **ana makine** ve **eksantrik tahrikli** sarsak olmak üzere iki ayrı gövdeden oluşmaktadır.

A) Eksantrik Tahrikli Sarsak:

Gelişen teknoloji ile sanayi sektörüne giriş yapan **sarsaklar** ürünlerin boyutuna göre **ayrılmasını**, **taşınmasını** ve **malzemelerin istenen şekilde prosese girmesini** sağlamaktadır. Genellikle **titreşim** hareketini kullanan bu makineler **prosesin durumuna** göre **kalibre** edilebilmektedir.

Ana makinenin **konveyörüne** istenen zaman aralıklarında **malzeme yüklemesini** sağlamak adına bu **sarsak** modellenmiştir. Sarsağın oluşturacağı titreşimlerin, sistemin

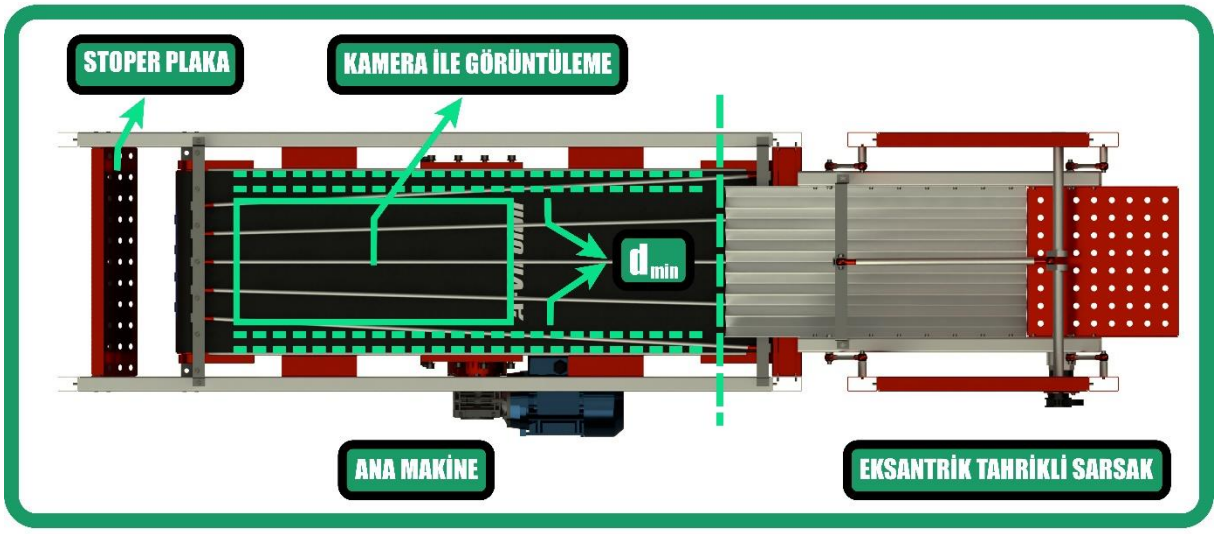
elektroniklerine ve gövdesine hasar vermesini engellemek adına **sarsak**, **ana makineden bağımsız** olacak şekilde tasarlanmıştır. Sarsağın **konstrüktif** özelliklerinin belirlenmesinde **Fusion 360'** ın **Simulation** arayüzü kullanılmıştır. Yapılan simülasyonlar sonucu mal yükleme plakasını sarsak gövdesine bağlayan **mafsallar** üzerindeki **civataların sıkım tork değeri 17,65 Nm** ve sarsak gövdesinde kullanılacak **konstrüktif** materyal **100x40MM çelik kutu profil** olarak belirlenmiştir.

B) Ana Makine:

Sarsak tarafından akışı sağlanan malzemeler **ana makinenin konveyörüne** düşmektedir. Konveyör başlangıcına düşen kuru gıda yönlendirme milleri arasında harekete başlamaktadır.

Parça mallar taşımak üzere tasarlanmış bir bantta, bant genişliği iletilecek yükün dıştan dışa ölçülerine ve bant üzerindeki konumuna bağlıdır. Mallar bandın iki kenarından **50-100 mm** içeride olacak biçimde yüklenmelidir. **(Gerdemeli,2014)** Bu bağlamda ana makine üzerinde bulunan mal yüklemesinin yapıldığı yönlendirme milleri ile konveyör dış hattı arasındaki "d_{min}" uzunluğu **56mm** olarak belirlenmiştir.

Resim 4



Resim 4 *INASIS, Ana Makine ve Eksantrik Tahrikli Sarsağın Üstten Görünümü*

B.1) Kamera ile Görüntüleme Prosesi:

Yönlendirme milleri arasında ilerleyen kuru gıdalar **kamera ile görüntüleme prosesine** girmektedir. Bu proses esnasında bant üzerinde ilerleyen kuru gıdaların görüntüsü işlenerek **aflatoksin durumu**, **kalite** ve **yabancı madde** kontrolleri sağlanmaktadır. Görüntünün işlenmesinde **3.4 GHz** saat hızına **6 MB Smart Cache' e** sahip **77W TDP** değeri ile güç sarfiyatı düşük **4 core 4 thread** yapısı ile **multitasking perfonmansı** yüksek işlemci tercih edilmiştir. Bant dışına çıkarılması gereken kuru gıdaların işaretlenerek ilgili veri **işlemci** ve **CH340 USB-TTL** arasında kurulan seri haberleşme ile **ATMEGA328-P'** ye aktarılmaktadır.

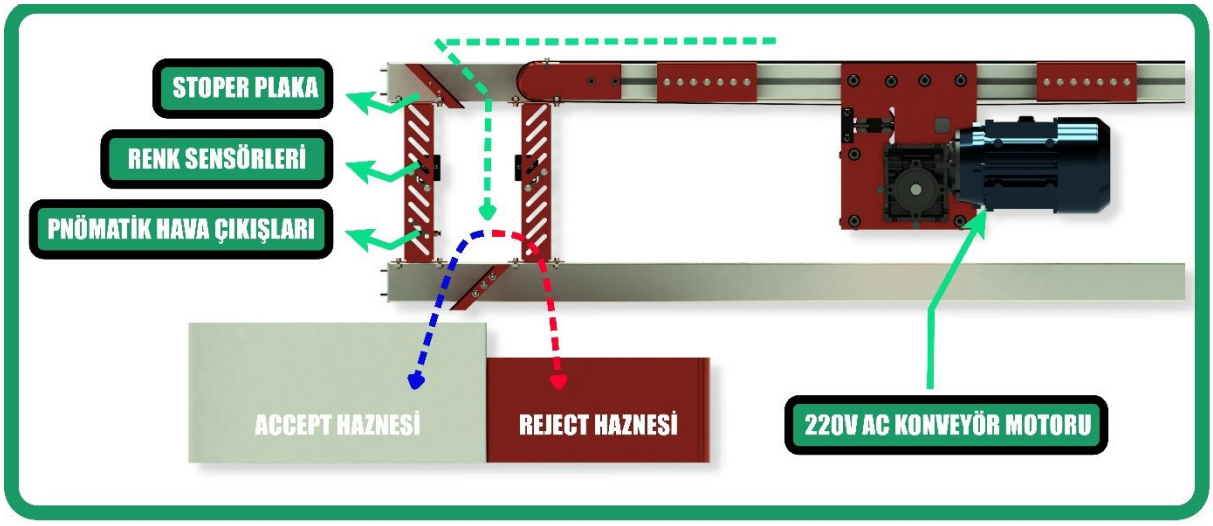
B.2)Renk Sensörleri ile Aflatoksin Kritik Kontrol Prosesi:

Kamera ile görüntüleme prosesinin tamamlanması ile ürünler bant sonunda bulunan **stoper plakaya** çarparak **dikey düşüşe** başlamaktadır. **Renk sensörleri ile aflatoksin kritik kontrol prosesine** giren mallar çift yönlü renk sensörleri ile taranmaktadır. Kritik kontrol esnasında **renk sensörlerinin** yakaladıkları **floranslar, dijital gerilime** dönüştürülmektedir. Elde edilen **dijital çıkış, ATMEGA328-P**' de okunarak ile aflatoksin durum verisine dönüştürülmektedir.

B.3)Ayıklama Prosesi:

Kamera ve **renk sensörleri** tarafından **kalite kontrolü**, **yabancı madde tespiti** ve **iki kez aflatoksin kontrolü** yapılan mallar **dikey düşüş** esnasında **ayıklama prosesine** girmektedir. Bu prosesde **optik çerçeve sensörler** ile bant dışına çıkarılması gereken kuru gıdaların **pnömatik ateşleme zamanı** tespit edilmektedir.

Resim 5



Resim 5 *Ayıklama Prosesi*

Optik çerçeve sensör, renk rensörü ve kamera görüntü işleme ile elde edilen verilerin**, ATMEGA328-P** tarafından denetlenmesi ile **valf kontrolü** sağlanmaktadır. Valflere uygulanan **lojik 1 gerilim** hava çıkışını açarak **6 barlık havanın** ürüne **püskürmesini** ve ilgili ürünün **reject haznesine** düşmesini sağlamaktadır. Serbest düşüşüne mühadale edilmeyen kuru gıdalar **accept haznesine** girerek işletme içerisindeki bir sonraki prosese hazır hale gelmektedir.

2) Yazılım:

Sistem yazılımı **Python** programlama dili kullanılarak oluşturulmuştur. Program **derin öğrenme metotları** aracılığı ile kuru gıdaların ayıklanmasını sağlamaktadır. Bu amaçla **Tensorflow** kütüphanesi yardımıyla yapay zekâ modelinin eğitimleri gerçekleştirilmiştir. Model eğitimlerinde **22 ms** tepki süresi ile **Faster R-CNN** ve **YOLO** gibi rakiplerine nazaran daha hızlı olan ve **COCO mAp** değeri 22,2 olarak hesaplanan **SSD** (Single Shot Multibox Detector) **MobileNet V2** pretrain model kullanılmıştır. Model eğitimleri **10 class** üzerinde toplam 3985 fotoğraf ile gerçekleştirilmiştir. Modelimiz girdi işlemeyi data setine **aşırı uyum**

(overfitting) veya **eksik uyum (underfitting)** göstermeden gerçekleştirmelidir. Bu durumu sağlamak amacıyla veri kümesi, modelin işlemesi gereken tüm girdi aralığını kapsayacak şekilde düzenlenmiştir. Ek veriler eğitim kümesinde bulunmayan durumları model içerisine aktaracak şekilde hazırlanmıştır.

Az sayıda öğrenilebilir parametreye sahip modelde (katman sayısı veya katman başına birim sayısı) **tahmin kapasitesi** artmaktadır. Parametrelerin arttırılması ise modelin **ezberleme kapasitesini** arttırarak yüksek doğruluk değerlerine ulaşılmasını sağlayacaktır. Bu bağlamda model kapasitesinin tespiti amacıyla eğitimleri küçük veri setlerinden başlanarak büyük veri setlerine doğru en yüksek doğruluk en iyi tahmin arasındaki denge gözetilecek şekilde sürdürülmüştür. Eğitimler sırasında **loss** değerleri sürekli takip edilmiş modelin kendi **datasetine** aşırı sığmasını engellemek amacıyla eğitimler **0.5-0.6** bandında kesilmiştir.

Program **derin öğrenme metotları** ile tespit ettiği incirler üzerindeki aflatoksin varlığını **OpenCV** kütüphanesi ile oluşturduğumuz görüntü işleme algoritmasıyla **HSV** renk uzayında incelemektedir. Program İncir üzerinde yeşilimsi sarı florans algılanması durumunda aflatoksin varlığını tespit etmektedir. Kullanıcı istemesi durumunda aflatoksinle kontamine olmuş bölgeleri ara yüz üzerinden görebilmektedir. Bu bağlamda florans veren bölgeler **imutils** kütüphanesi kullanılarak **kontur** ile işaretlenmektedir.

Program, eğittiğimiz model ve görüntü işleme aracılığı ile tespit ettiği aflatoksinli kuru gıdaları ve yabancı cisimleri konveyör üzerindeki ilerleme hızlarına göre ATMEGA328-P mikrodenetleyiciye bildirmektedir. İşlemci ile mikrodenetleyici arasındaki seri haberleşme **PySerial** kütüphanesi ile sağlanmıştır.

Program kullanıcının ürünlerin sistem içerisindeki durumlarını anlık olarak görüntülemesi, sistem kalibrasyonunu gerçekleştirmesi ve günlük üretim kapasitesini grafikleriyle birlikte görüntülemesi amacıyla **GUI (Graphical User Interfaces)** barındırmaktadır. Bu ara yüzün oluşturulması amacıyla **Tkinter** kütüphanesi kullanılmıştır.

5.Yenilikçi (İnovatif) Yönü

- Mevcut görüntüleme sistemleri ürünleri tek yönlü olarak taramaktadır. Bu durum işlenecek ürün hakkında kesin bilgiye ulaşmayı engellemekte ve sistemin doğruluk oranını düşürmektedir. **INASIS** kuru gıdaların aflatoksin durumlarını **kamera görüntü işleme** ve **çift yönlü renk sensörleri** ile tespit etmektedir. Böylece ürün üzerindeki herhangi bir aflatoksin varlığı kaçırılmamakta ve **%99,3** doğrulukta ayıklama işlemi gerçekleştirilebilmektedir.

- Günümüzde kullanılan endüstriyel sistemler bant dışarısına çıkarılması gereken ürünü pnömatik pistonlar ya da robotik kollar aracılığı ile taşımaktadır. **INASIS,** kuru gıdaların üzerine **6 bar'lık basınçlı hava akışı** ile ilgili ürünü bant dışına çıkarmaktadır. Havanın direkt enjeksiyonu **iki zamanlı** çalışan pnömatik pistonların **(itme zamanı ve çekme zamanı)** çekme zamanını ortadan kaldırarak işlem hızının artmasını sağlamaktadır. Bu durum sistem üzerindeki maliyeti **minimize** etmekte ve sistemin **saatlik üretim kapasitesinin artmasını sağlamaktadır**.

- **INASIS** konveyör bant üzerinde akan kuru gıdaları oluşturulan yapay zekâ algoritması yardımı ile anlık olarak incelemektedir. Bu durum ürünün kalite tespitinin yapılmasını ve yabancı maddelerin ayıklanmasını sağlamaktadır.

- **INASIS,** literatür taramalarında **Avrupa Patent Ofisi** (EPO), **Türk Patent ve Marka Kurumunda** araştırılmış olup aynısı veyahut benzeri hiçbir ürüne rastlanmamıştır. Ürünün Patent başvurusu **Türk Patent ve Marka Kurumuna** yapılmıştır.

6.Uygulanabilirlik

Sanayi 5.0 ile gerçekleşen yeniliklere uygun olarak tasarlanan **INASIS** aflatoksinli kuru gıdaları ayıklama işlemini **yapay zekâ** kontrolüyle **derin öğrenme metotlarından** yararlanarak yüksek doğrulukta gerçekleştirmektedir. Bu durum sağlıklı gıda arzını ve güvenli tarımsal üretimi sağlamaktadır.

Sistemin ilk test çalışmalarının gerçekleştirilmesinin ardından bölgemizdeki incir işletmelerinin görüşleri alınarak **INASIS'** in tasarımı yenilenmiş, endüstriyel optimizasyonu sağlanmıştır.

Deney Sırası	Toplam İncir Sayısı	Aflatoksinli İncir Sayısı	Aflatoksinsiz İncir Sayısı	Aflatoksinli Olarak Tespit Edilen	Aflatoksinsiz Olarak Tespit Edilen	Verimlilik
1	50	10	40	10	40	**%100**
2	50	12	38	13	37	**%98**
3	50	15	35	15	35	**%100**
Toplam	150	37	113	38	112	**%99,3**

Sistem verimliliğini ölçmek amacıyla yapılan ilk test çalışması, **3 farklı grupta 37 tanesi aflatoksinli 113 tanesi aflatoksinsiz** olmak üzere toplamda **150 incir** ile gerçekleştirildi. **İlk grup** için düzenlenen testte, sistemimiz **10 aflatoksinli** incirin hepsini başarıyla tespit etti. **İkinci grupta** bulunan **12 aflatoksinli** incir başarıyla tespit edilirken sistem tarafından aflatoksinli olmadığı bilinen **1 incir** aflatoksinli olarak tespit edildi. **Üçüncü grup** için yapılan deneyde **15 aflatoksinli** incir başarıyla tespit edilirken hiç hata yapılmadı.

İlk test sonucunda toplam **150 incir** içerisinde bulunan **37 aflatoksinli** incir başarıyla ayrıldı, aflatoksinsiz olduğu bilinen toplam **113 incirden** 1 tanesi sistem tarafından **aflatoksinli** olduğu tespit edildi. Deney sonucunda elde ettiğimiz sonuçlara göre doğruluğu **%99,3** olarak belirledik.

Sanayi 5.0' ın insan temelli endüstriyel uygulamalarının **INASIS** ile yenilikçi yöntemlerle tarım sektörüne uygulanması adına sistemin **kullanıcı arayüzü**, **sade** ve **sezgisel** olarak tasarlanmıştır.

Sistemin **GUI** üzerinden her türlü ayarının ve kalibrasyonunun gerçekleştirilmesine olanak sağlanmıştır. Böylelikle farklı materyallerin işlenebilmesi sağlanarak tarımsal kullanım alanları esnekleştirilmiştir.

Yenilikçi ve özgün bir sistem olan **INASIS' in, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı** ve **T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı** nezdinde tamamen yerli imkânlarla üretilerek tarımsal imalat yapılan işletmelerde kullanılması mümkündür. Tarımsal imalat yapan bu işletmelere uygulanacak memnuniyet anketleri ürün gamının genişletilmesini ve mevcut sistemin geliştirilmesini sağlayacaktır. Alınan olumlu geri dönüşler neticesinde proje; **yerli ve milli** bir ürün olarak ticarileştirilip **Milli Teknoloji Hamlesine** katkı sağlayacaktır.

7.Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması

MALZEME ADI	ADET	BIRIM FIYAT	TOPLAM FIYAT
BEDOK BCS-28P Renk Sensörü	2	₺ 1.073,07	₺ 2.146,14
HWK-W CMOS 1/2.9" F1.7 Diyaframa Kamera	1	₺ 231,73	₺ 231,73
Stanley Dst 100/8Bar/6L 1HP Kompresör	1	₺ 2.514,12	₺ 2.514,12
DC Lojik 1 Kontrollü Tek Bobin Pnömatik Valf	2	₺ 345,50	₺ 691,00
Arduino Mega 2560	1	₺ 261,36	₺ 261,36
Aluminyum Sigma Profiller ve Aksesuarlar	1	₺ 512,87	₺ 512,87
1.5mm Çelik Sac (1000x2000mm)	1	₺ 1.994,40	₺ 1.994,40
Optik Çerçeve Sensör	1	₺ 228,33	₺ 228,33
220V 1.5KW AC Motor	2	₺ 890,00	₺ 1.780,00
30W UV Floresan Lamba	4	₺ 175,00	₺ 700,00
500x2500mm PVC Konveyör Bant	1	₺ 1.635,65	₺ 1.635,65
4mm kablo (1metre)	4	₺ 4,23	₺ 16,92
3mm Şeffaf Pleksi Glass (500x1000mm)	2	₺ 110,00	₺ 110,00
Delikli Plaket 13x25cm	1	₺ 11,16	₺ 11,16
Delikli Plaket 13x25cm	1	₺ 11,16	₺ 11,16
Mini Aluminyum Soğutucu Seti	2	₺ 2,26	₺ 4,52
Mini Voltaj Göstergesi (Kırmızı)	1	₺ 11,97	₺ 11,97
Kablo Bağı 100' lü (Paket)	1	₺ 2,45	₺ 2,45
PG-7 3-7 mm Polyamid Rakoru	4	₺ 1,85	₺ 7,40
LM2576T-12 Voltaj Regülatörü	1	₺ 4,18	₺ 4,18
JST-XH 2.54 7 Pin Konnektör Seti	1	₺ 8,77	₺ 8,77
M3 50mm Metal Dişi-Erkek Aralayıcı	4	₺ 1,58	₺ 6,32
60X60X25mm 24V 0.20A 2P XMER Fan	2	₺ 9,79	₺ 19,58
7905 Voltaj Regülatörü	2	₺ 1,45	₺ 2,90
IYPK 19x19 mm Yapışkanlı Kroşe	1	₺ 2,13	₺ 2,13
Siyah Elektrik Bandı - İzole Bant	1	₺ 1,75	₺ 1,75
Isı ile Daralan Makaron 12.7mm - 1 Metre	1	₺ 2,05	₺ 2,05
Isı ile Daralan Makaron 4.8mm - 1 Metre	1	₺ 1,10	₺ 1,10
JST Konnektör İçin Terminal XH2.54	1	₺ 0,85	₺ 0,85
ISM-BD53 Anlık Mandal Buton	3	₺ 53,41	₺ 160,23
DC-DC 10A Amper Ayarlı Voltaj Düşürücü Regülatör Kartı	2	₺ 45,95	₺ 91,90
Pnömatik Hortum ve Aksesuarlar	1	₺ 500,00	₺ 500,00
Krom Kaplı İndüksiyonlu Mil 6x1000mm	4	₺ 89,90	₺ 359,60
GENEL TOPLAM (KDV DAHİL):			₺ 14.032,54

Sistemimizin imalatı okulumuzda atölye bulunmaması itibari ile ilçemiz meslek lisesi atölyesi kullanılarak **proje ekibi** tarafından tamamlanacaktır. Sistemin üretim aşamasında ihtiyaç duyulan malzemelerin bir bölümünün **ilçemiz meslek lisesinde** bulunması itibarı ile **maliyet talebimiz** toplam tutarın **1/3**' ü kadardır.

Proje araştırma ve geliştirme basamakları bir yıllık **Ar-Ge** çalışmasını kapsamaktadır. **Literatür taramalarında** konu ile ilgili **makale** ve **tezler** taranmış olup yerli malzeme seçimine dikkat edilerek proje fikri olgunlaştırılmıştır.

İŞİN TANIMI	1	2	3	4	5	6	7
Proje Başlangıcı	x						
Literatür Taraması	x	x					
Problemin Belirlenmesi			x				
Ön Tasarımın Oluşturulması			x				
Ön Değerlendirme Raporu			x				
Tasarımın Geliştirilmesi				x	x		
Detay Raporu				x	x		
Son Tasarımın İmalatı						x	x
Testler							x
İyileştirmeler							x
TEKNOFEST2022							x

8.Proje Fikrinin Hedef Kitlesi

Projenin hedef kitlesi; **aflatoksin kontaminasyonu yüksek gıdaların (Antep fıstığı, yer fıstığı, badem, fındık gibi sert kabuklu ve kuru incir gibi kurutulmuş meyveler)** üretimini sağlayan **çiftçiden**, ihracatını gerçekleştiren **fabrikalara** kadar **tarım sektörüdür**. Aynı zamanda **T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı** ve **T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığıdır.** Aflatoksinli İncir Ayıklama Sistemi: **INASIS** iş gücü ve zaman tasarrufu ile **ülke ekonomisi** ne katkı sağladığı gibi **insan sağlığı** içinde büyük önem arz etmektedir.

9.Riskler

INASIS aflatoksinli incirlerin ayıklanması amacıyla **BGYF** metodunu kullanmaktadır. Bu metotta temel amaç incir üzerine **UV** ışık uygulanması ve bu durumda ***aspergillus*** türü mantarların aflatoksin yanında üretilen bir ara ürün olan **kojik asitin yeşilimsi sarı floransını** yakalamaktır. Sistemin bu ayıklama işlemini gerçekleştirdiği kapalı bölüm ışıktan olabildiğince yalıtılmış olmalıdır.

INASIS yabancı ürünlerin ayıklanmasını pnömatik hortumlar aracılığı ile basınçlı hava kullanarak gerçekleştirmektedir. Bu durumda sistemin içerisine atılacak olan büyük boyutlu sert cisimler pnömatik hava tesisatına zarar verebilir. Ayrıca pnömatik sistemin düzenli olarak bakımlarının yapılması; pnömatik valflerin, hortumların ve tankların kontrolünün sağlanması gerekmektedir.

INASIS'e yerleştirilen incirlerin düzenli bir şekilde sıralanması **aflatoksin** tespitinin kolay ve doğru yapılabilmesi açısından önemlidir. Bu amaçla sistemimizde **sarsak** kullanılmıştır. **Sarsağın** çok fazla hareketli parça içermesi ve parçalarının yüksek hızda titremesi nedeniyle düzenli kontrollerinin yapılması gerekmektedir.

			ETKİ			
			Önemsiz	**Hafif**	**Ciddi**	**Katastrofik**
			(Günlük süreçte karşılaşılaşılabilecek basit ve çözümü kolay problemdir.)	(Bazı ufak bozulmalar yaşanabilir. Bu durum ufak maddi kayıplara neden olur.)	(Operasyon birden kez hasar gördü. Büyük maddi kayıp yaşanmaktadır.)	(İşletme varlığını sürdürmesi risk altına girmiştir. Şirket sermayesi giderek azalmaktadır.)
OLASILIK	**Sık Sık Tekrarlanan**	(>%90)	Kullanıcıların dikkatsizlikler sonucu hareketli konveyörden ufak yaralar alması	Makine çalışırken konveyöre durdurucu surette kuvvet uygulanması	Sarsak üzerine sert yabancı materyal yüklenmesi	PVC konveyör bandın hasar alması
	Muhtemel	(%50-90)	Kameranın tozlanması	Elektronik komponent arızaları	Pnömatik valfin açık veya kapalı pozisyonda takılı kalması	Konveyör üzerine taşıma limitinden yüksek miktarlarda mal yüklenmesi
	Ara Sıra	(%10-50)	Elektrik Kesintileri	Makine üzerinde bulunan vidaların gevşemesi	Makinenin parlak ışığa maruz kalması	Konveyör veya sarsağa ait motorun yanması
	Çok Az	(<%10)	Kullanıcı hataları sonucu elektronik kabloların hasar alması	Pnömatik tesisatında kaçakların meydana gelmesi	Kompresör arızası	Makine üzerinde elektrik kaçağı

Olasılık-etki matrisinde yer alan bu riskleri **minimize** etmek ve makine ömrünü **uzatmak** adına, sistem kontrol ve bakımları **düzenli aralıklarla** sağlanmalı; kullanıcılar makine özellikleri ve **olası tehlikeler** hakkında **bilgilendirilmeli**; **işçi güvenliği, ISO45001** standartlarına uygun şekilde sağlanmalıdır.

10.Referans / Kaynakça

1. Prof. Dr. A. Kadir HALKMAN Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü GDM310 Gıda Mikrobiyolojisi II Ders notu 17.
2. Gülderen YENTÜR Buket ER Yentür G, Er B. Gıdalarda aflatoksin varlığının değerlendirilmesi. Turk Hij Den Biyol Derg, 2012; 69(1): 41-52.
3. T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Mersin Gıda Kontrol Laboratuvar Müdürlüğü Mikotoksin Laboratuvarı https://gidalab.tarimorman.gov.tr/mersin/Menu/17/Mikotoksin-Laboratuvari
4. Girgin G. Başaran N. Şahin G. Dünyada Ve Türkiye'de İnsan Sağlığını Tehdit Eden Mikotoksinler Cilt 58, No 3, S : 97 - 118 Türk Hij Den Biyol Derg 2001
5. G. Türköz Bakırcı Tahıl ve Tahıl Ürünlerinin Aflatoksin, Okratoksin A, Zearalenon, Fumonisin ve Deoksinivalenol Mikotoksinleri Yönünden İncelenmesi Akademik Gıda 12(2) (2014) 46-56
6. Çoban A. Öztaş Akfırat S. Çoban O., Antep Fıstığının Ekonomik Değeri ve Üretim Sorunları, 13th Eurasian Conferences on Language and Social Sciences, 5 - 6 Şubat 2022, Letonya
7. T.C. Gıda Tarım Ve Hayvancılık Bakanlığı. Kayabaşı İ. Ab Uzmanlık Tezi (2015) Kuru Meyve İhracatında Aflatoksin Sorunu Ve Avrupa Birliği Uygulamaları Ankara
8. LAVKOR I. BİÇİCİ M. KAYA Z. Yerfıstığı Tarımında Uygun Kültürel İşlemler ve Hastalık Yönetim Pratikleri ile Hastalık ve Aflatoksin Oluşumunun Önlenmesi-1 Ç.Ü Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi Yıl:2013 Cilt:29-3
9. ÖZÇAKMAK S. DERVİŞOĞLU M. Fındıkta Aflatoksin Oluşumuna Etkili Faktörler, Avrupa Birliğinin Limit Değerlerle İlgili Düzenlemeleri ve Türk Fındığı İhracatına Etkileri GIDA (2007) 32 (1) : 33-40
10. World Health Organization. (1979). Environmental Health Criteria 11, Mycotoxins.

Cenevre.
11. Ekonomi Bakanlığı İhracat Genel Müdürlüğü Tarım Ürünleri Daire Başkanlığı. (2014). Kuru İncir. Sektör Raporları.
12. T.C. Ticaret Bakanlığı Esnaf, Sanatkarlar ve Kooperatifçilik Genel Müdürlüğü (2020). 2019 Yılı Kuru İncir Raporu, Erişim Tarihi: 21.04.2022, https://esnafkoop.ticaret.gov.tr/data/5d44168e13b876433065544f/2019%20Kuru%20%C4%B0ncir%20Raporu.pdf
13. T.C. Gümrük ve Ticaret Bakanlığı Kooperatifçilik Genel Müdürlüğü (2014). 2014 Yılı Kuru İncir Raporu, Erişim Tarihi: 21.04.2022, https://ticaret.gov.tr/data/5d41e59913b87639ac9e02e8/8ae6594a5cebd5c1f134d9960269b2d9.pdf
14. International Nut and Dried Fruit Council (2020). Nuts & Dried Fruits Statistical Yearbook 2019/2020, Erişim Tarihi: 20.04.2022, https://www.nutfruit.org/industry/technical-resources?category=statistical-yearbooks
15. Steiner, W. E., Rieker, R. H. and Battaglia, R. (1988). Aflatoxin contamination in dried figs: distribution and association with fluorescence. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 36(1), 88-91.
16. Özpala, A. (2006). Aydın Yöresi Kuru İncirlerinde Aflatoksin Tayini ve Yöntemlerin Karşılaştırılması (Yüksek Lisans Tezi) ADÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, AYDIN
17. Meçik, N. (2007). Kuru İncirde Aflatoksin Varlığının Belirlenmesi (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
18. Kayabaşı, İ. (2015). Kuru Meyve İhracatında Aflatoksin Sorunu ve Avrupa Birliği Uygulamaları (AB Uzmanlık Tezi). T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Avrupa Birliği ve Dış İlişkiler Genel Müdürlüğü, Ankara.
19. Özkaya, Ş., Başaran, A., Elden, E. ve Kaymak, T., 2002, Gıda Katkı-Kalıntı ve Bulaşanlarının İzlenmesi: Gıda ve Yemlerde Mikotoksin Düzeylerinin Tespiti, Tarımve Köyişleri Bakanlığı, Gıda Teknolojileri Araştırma Enstitüsü, Bursa.
20. European Commission Directorate-General for Health and Food Safety. (2013). RASFF Preliminary Annual Report
21. Kahraman, S., & Acar, B. (2006). Uluslararası Gıda Ürünleri Ticareti ve Aflatoksin Yasal Düzenlemeleri. Doğuş Üniversitesi Dergisi, 2(7), 190-197.
22. Sabuncuoğlu, S. A., Baydar, T., & Giray, B. (2008). MİKOTOKSİNLER: Toksik Etkileri, Degredasyonları, Oluşumlarının Önlenmesi ve Zararlı Etkilerinin Azaltılması. Hacettepe Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi Dergisi.
23. Terin, M., Keskin, A., & Terin, S. (2012). Gümrük Birliği'nin Türkiye-AB Tarım Ürünleri Dış Ticareti Üzerine Etkileri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 133- 139.
24. Güler, Ç., Çobanoğlu, Z., & Baskı, B. (1994). Elektromanyetik radyasyon. *SB, Ankara*.
25. Gerdemli, İ., İmrak, E.C. & Kesikçi, K.M. (2014). *Sürekli transport sistemleri*. İstanbul: Birsen

11.Ekler

EK-1: Google Drive Proje Görselleri