

ISSN 1306-0007  
e-ISSN 2651-4230

# TARIM MAKİNALARI BİLİMİ DERGİSİ

Journal of Agricultural Machinery Science



2021

CİLT  
VOLUME

17

SAYI  
NUMBER

3

Tarım Makinaları Derneği Yayınıdır  
*Published by Agricultural Machinery Association*

YIL (YEAR) 2021

CİLT (VOLUME) 17

SAYI (ISSUE) 3

**Sahibi (President)**

**Tarım Makinaları Derneği Adına**  
(On Behalf of Agricultural Machinery Association)

**Can ERTEKİN**

*Akdeniz Üniversitesi, Antalya*

**Editör Kurulu (Editorial Board)**

**Sayı Editörü (Issue Editor)**

İlknur ALİBAŞ

*Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa*

**Editörler (Editors)**

Türkan AKTAŞ

*Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ*

İlknur ALİBAŞ

*Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa*

Recep KÜLCÜ

*Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Isparta*

**Alan Editörleri (Field Editors)**

Zeliha Bereket BARUT

*Çukurova Üniversitesi, Adana*

Heinz BERNHARDT

*Technical University of Munich, Germany*

Sorin-Stefan BIRIS

*Politehnica University of Bucharest, Romania*

H. Kürşat ÇELİK

*Akdeniz Üniversitesi, Antalya*

Osman GÖKDOĞAN

*Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Isparta*

Shoojin JUN

*Hawaii University, USA*

Habip KOCABIYIK

*18 Mart Üniversitesi, Çanakkale*

Y. Benal ÖZTEKİN

*Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun*

Bernhard STREIT

*Bern University of Applied Sciences, Switzerland*

Shuichi YAMAMOTO

*Yamaguchi University, Japan*

Hüseyin YÜRDEM

*Ege Üniversitesi, İzmir*

**Mizanpaj Editörü (Layout Editor)**

Ahmet SÜSLÜ

### Dergi Hakkında (About Journal)

**Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, Tarım Makinaları Derneği'nin bir yayınıdır.  
Tarım Makinaları Bilimi Dergisi yılda üç sayı olarak yayınlanır.**

(Journal of Agricultural Machinery Science is published three times in a year by  
Agricultural Machinery Association.)

### Yayın Hakları (Copyright Policies)

**Bu derginin yayın hakları Tarım Makinaları Derneği'ne aittir. Derginin hiç bir  
bölümü, yayıncının izni olmaksızın, herhangi bir şekilde çoğaltılamaz.**

(All rights reserved. No part of this publication may be reproduced in any form without the  
prior permission of the publisher.)

### Tarandığı İndeksler (Indexing)



**ROOT  
INDEXING**



**Google  
Scholar**



**Academic  
Journal  
Index**

**ESJI**

**Eurasian  
Scientific  
Journal Index**



**ASOS  
INDEX**



### Tarım Makinaları Derneği (TARMAKDER)

**Yazışma Adresi (Correspondence Address)**

**Dernek Adresi (Association Address)**

Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve  
Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Antalya  
ertekin@akdeniz.edu.tr +90 505 257 90 80

1462. Sok. No:33  
Alsancak - İzmir / Türkiye  
<https://www.tarmakder.org.tr>

<b>Mikrodalga ve Sıcak Su Ön İşlemlerin Şili (<i>Capsicum annuum</i>) Biberinin Kuruma Modelleri, Etketif difüzyon ve Thermo-Fiziksel Özelliklerine Etkisi</b> Effects on Drying Models, Effective Diffusion and Thermo-Physical Properties for Chili ( <i>Capsicum annuum</i> ) Pepper of Microwave and Hot Water Pretreatments Muhammed TAŞOVA, Hakan POLATCI	<b>86-93</b>
<b>Döner Tamburlu Kurutucularda Gübre Kurutma Simülasyonu</b> Fertilizer Drying Simulation in Rotary Drum Dryers İlyas KACAR, Cem KORKMAZ	<b>94-100</b>
<b>Niğde İli ve İlçelerindeki Tarımsal Yapı, Üretim Özellikleri ve Mekanizasyon Durumunun İncelenmesi</b> Investigation of Agricultural Structure, and Production Characteristics and Mechanization Status in Niğde Province and Districts Yaşar Serhat SAYGILI, Bülent ÇAKMAK	<b>101-117</b>
<b>Farklı Mürdümük Çeşitlerine Ait Tohumların Bazı Biyoteknik Özelliklerinin Belirlenmesi</b> Determination of Some Biotechnical Properties of Seeds of Different Grass Pea Cultivars Esra Nur GÜL, Ebubekir ALTUNTAŞ, Mahir ÖZKURT	<b>118-126</b>
<b>Tohumluk Mısır Üretiminde Çalışma Duruşlarının REBA Yöntemi ile Ergonomik Risk Analizi</b> Analysis of Working Stances in Corn Production by REBA Method and Ergonomic Risk Assessment Arda GENİŞ, Sarp Korkut SÜMER	<b>127-138</b>

## Mikroalga ve Sıcak Su Ön İşlemlerin Şili (*Capsicum annuum*) Biberinin Kuruma Modelleri, Efektif difüzyon ve Termo-Fiziksel Özelliklerine Etkisi

### Effects on Drying Models, Effective Diffusion and Thermo-Physical Properties for Chili (*Capsicum annuum*) Pepper of Microwave and Hot Water Pretreatments

Muhammed Taşova<sup>1,\*</sup>, Hakan Polatcı<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Tokat, Türkiye.

\* Corresponding author (Sorumlu Yazar): M. Taşova, e-mail (e-posta): [muhammed.tasova@gop.edu.tr](mailto:muhammed.tasova@gop.edu.tr)

#### Makale Bilgisi

Alınış tarihi : 29 Temmuz 2021  
Düzeltilme tarihi : 21 Eylül 2021  
Kabul tarihi : 21 Eylül 2021

#### Anahtar Kelimeler:

Şili biberi  
Kurutma işlemi  
Kuruma karakteristikleri  
Termo-fiziksel özellikler

#### ÖZET

Şili biberi kapsaisin etken maddesi açısından oldukça bol olan bir biber türüdür. Bununla beraber C, K1 ve B6 vitaminlerince zengindir. Şili biberi taze olarak kullanıldığı gibi kurutulduktan sonra öğütülerek de baharat şeklinde kullanılmaktadır. Bu çalışmada, Şili biberi örnekleri mikrodalga fırında 1, 2 ve 3'er dakika bekletme ve kaynamış suya 1, 3 ve 5'er dakika bandırma ön işlemlerinden sonra sabit 65 °C sıcaklığa ayarlanmış konvansiyonel bir kurutucuda % 10 (y.b.) nem içeriği seviyelerine kadar kurutulmuştur. Yapılan ön işlemlerin Şili biberinin kuruma süresi, ince tabaka kuruma modelleri, efektif difüzyon, özgül ısı, termal iletkenlik, termal difüzyon ve özgül kütle değerlerine etkileri araştırılmıştır. Tespit edilen en kısa kuruma süreleri sırasıyla mikrodalga ön işleminde 3 dk ve kaynamış suya bandırma ön işleminde ise 5 dk bekletilen örneklerde belirlenmiştir. En uzun kuruma süresi kontrol örneklerinin kurutulması işleminde tespit edilmiştir. Wang-Sing, Lewis, Page ve Jena-Das ince tabaka kuruma modelleri arasında ise en yüksek R<sup>2</sup> değeri Wang-Sing modelinde belirlenmiştir. Kurutulan tüm Şili biberlerinin efektif difüzyon değerlerinin 5.14-8.52x10<sup>-6</sup> m<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup> arasında değiştiği tespit edilmiştir. Kontrol ve ön işlem uygulanmış örnekler arasında en yüksek ortalama termo-fiziksel değerler 5 dk kaynamış suya bandırma ön işleminde tespit edilirken bu değerler özgül ısı; 842.60 J kgK<sup>-1</sup>, termal iletkenlik; 0.17 W m.K<sup>-1</sup>, termal difüzyon; 2.637x10<sup>7</sup> m<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup> ve özgül kütle; 763.22 kg.m<sup>-3</sup> olarak hesaplanmıştır. Mikrodalga ve kaynamış suya bandırma ön işlemlerinin Şili biberinin kuruma sürelerini azalttığı, efektif difüzyon değerlerini artırdığı bunun yanında termo-fiziksel özelliklerindeki yükselttiği tespit edilmiştir.

#### Article Info

Received date : 29 July 2021  
Revised date : 21 September 2021  
Accepted date : 21 September 2021

#### Keywords:

Chili pepper  
Drying process  
Drying characteristic  
Thermo-physical properties

#### ABSTRACT

Chili for capsacin is a type of pepper that is abundant for educational purposes. It is rich in vitamins C, K1 and B6 together. Chili peppers are used after being grown fresh. In this case, how long is estimated for 1, 2 and 3 minutes of soaking each type of pepper and dipping into boiled water for 1, 3 and 5 minutes for a constant 65 °C and 10% (wb) humidity for a conventional bird. Thin layer model, effective diffusion, specific heat, thermal conductivity, thermal diffusivity and low density investigations. Detection is in the applications that are kept for 5 minutes in front of watering during the training process due to the shortest drying process. The longest drying time was determined in the drying process of the control sample. Wang-Sing, Lewis, Page, and Jena-Das are among the thin-layer drying models. The effective di height of all dried peppers was determined as 5.14-8.52x10<sup>-6</sup> m<sup>2</sup>.h<sup>-1</sup>. Among the control and pre-treated samples, the highest average thermo-physical values were determined in the pre-treatment of dipped in boiled water for 5 minutes, while these values were determined as specific heat; 842.60 J kg.K<sup>-1</sup>, thermal conductivity; 0.17 W m.K<sup>-1</sup>, thermal diffuse; 2.6x10<sup>7</sup> m<sup>2</sup>.h<sup>-1</sup> and well; It is calculated as 763.22 kg.m<sup>-3</sup>. It was determined that dipping them in microwave-boiled water can shorten the drying time of the peppers and the front, and increase it thermo-physically because effective diffusion can be increased.

**Reference / Atıf:** Taşova, M., Polatcı, H., (2021). "Mikrodalga ve Sıcak Su Ön İşlemlerin Şili (*Capsicum annuum*) Biberinin Kuruma Modelleri, Efektif difüzyon ve Termo-Fiziksel Özelliklerine Etkisi", Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 17(3): 86-93.

## 1. GİRİŞ

Dünya genelinde, hasat edilen tarımsal ürünlerin muhafazası uygun koşullarda olmadığından veya ürüne özgü teknik şartların iyi belirlenmemesinden dolayı yaş ürünün% 30-40'ı bozularak çöpe gitmektedir (Karim ve Hawdar, 2005). Uygulanan en eski muhafaza yöntemlerinden biri kurutma işlemidir. Kurutmanın temel kuramı ürünlerdeki serbest nemin uzaklaştırılmasıdır. Bonazzi ve Dumoulin (2011), teknik açıdan ise kurutma işlemindeki amaç oksidatif ve enzimatik reaksiyonlarla gerçekleşen bozulmaları azaltma bunun yanında ürünün tat, aroma, renk özelliklerini de korumaktır.

Ürünlerin kurutulması işlemlerinde birçok kurutma yöntemi uygulanmaktadır. Bunların başında ise geleneksel olan doğal (gölgeye-güneşe sererek) kurutma yöntemi sayılabilir. Bu yöntem enerji ve iş gücü açısından avantajlı olmakla birlikte kurutulan ürünlerde hijyen sorunu ve kuruma süresinin uzunluğu gibi dezavantajları da barındırmaktadır (Göztok ve İçier, 2017). Konvansiyonel kurutma yöntemleri ise doğal kurutma yöntemlerindeki olumsuzlukları ortadan kaldırarak ürünleri daha kısa sürede istenilen nem düzeyine düşürmektedir (Azoubel ve ark., 2010; Ozuna ve ark., 2014).

Kurutma işlemlerinde tarımsal materyaller kurutulmadan önce bazı fiziksel ve/veya kimyasal ön işlemlere maruz bırakılmaktadır. Bu ön işlemler, ısının üründe homojen bir şekilde dağılmasını sağlarken kuruma süresini azaltarak kalite özelliklerinin korunmasına katkı sağlamaktadır (Md Salim ve ark., 2016). Uygulanan ön işlemlerdeki en önemli amaç ürünün fiziksel yapısını etkileyerek nem difüzyonunun hızlanması ve dolayısıyla kuruma süresinin azaltılmasıdır. Kuruma süresinin azalmasıyla birlikte ısıyla paraçalanan fonksiyonel madde miktarında azalacaktır.

Kurutularak tüketilen ürünlerden birisi Şili biberidir. Bu ürün dünya genelinde çok fazla yetiştirilmekle birlikte içerisindeki etken maddelerden dolayı hem beslenmede hem de alternatif tıp uygulamalarında çok fazla kullanılmaktadır (Di Scala ve Crapiste, 2008; Cao ve ark., 2016). Ayrıca A, C vitaminleri ve sodyum, magnezyum, potasyum ve folik asitlerce zengin bir biber türüdür (Wangcharoen ve Morasuk, 2009). Literatürde Şili biberi üzerine kurutma ön işlemlerinin etkisi konusunda pek çok makale bulunmaktadır: Tunde-Akintunde (2010), Şili biberini 60° ve 70° brix'lik şeker çözeltilerinde osmotik ön kurutma işlemi uygulayarak konvansiyonel fırında 60 °C sıcaklıkta kurutmuş ve kontrole göre ön işlem uygulananların kuruma süresinin % 33.30-41.70 oranlarında azaldığını tespit etmişlerdir. Arifin ve Djaeni (2018), Şili biberi tuzlu su ve kalsiyum çözeltilerine bandırdıktan sonra sıcak havalı bir kurutucuda 40, 50, 60 ve 70 °C sıcaklıklarda kurutmuş ve yapılan ön işlemlerin kontrol gruplarına göre kuruma süresini azalttığını buna karşın kuruma oranını yükselttiğini bulmuşlardır. Zhang ve ark. (2019), kimyasal çözeltiye ve sıcak suya bandırma ön işlemleri ile termal olmayan soğuk plazma ön uygulamalarının Şili biberinin kuruma özellikleri ve kalite değerlerine olan etkisini araştırmışlardır. Kimyasal çözelti ve sıcak suya bandırma ön işlemlerinin kontrol göre kuruma oranını artırarak kuruma süresini azalttığı ancak kalite özelliklerini koruyamadığını bildirmişlerdir. Soğuk plazma ön uygulamasının ise kontrol örneklerine göre kuruma süresini azalttığını, buna karşın renk, antioksidan ve mikro-yapı gibi kalite özelliklerini ise iyileştirdiğini tespit etmişlerdir. Romauli ve ark. (2020), Şili biberini 2 cm kalınlıklarında ve ikiye dilimleme ön işlemlerini uygulayarak güneş enerjili bir kurutucuda ve sıcak havalı fırında 60-65 °C sıcaklık aralığında kurutmuş ve dilimlenerek kurutulan Şili biberlerinin kontrol örneklerine göre kuruma sürelerinde yaklaşık yarı yarı bir azalma tespit etmişlerdir. Araştırmada Şili biberine mikrodalga ışın ve onun farklı sürelerde maruz kalmalarının kuruma süresine olan etkisi konulu bir çalışma rastlanılmamıştır. Mikrodalga ön işlem ürünün yapısında ısı oluşturarak nem difüzyonunun hızlanmasını sağlamaktadır. Ayrıca çalışmalarda Şili biberinin sıcak suya bandırma ön işlemlerinin olduğu ancak bandırma sürelerinin kurumaya etkisi hakkında bir bilgiye ulaşılamamıştır.

Bu çalışmada, 1, 2 ve 3 dakika mikrodalga ön işlemi ve 1, 3 ve 5 dakika kaynamış suya bandırma ön işlemin Şili biberinin kuruma süresi, kuruma modeli, efektif difüzyon-aktivasyon enerjisi ve termo-fiziksel özelliklerine olan etkileri araştırılmıştır.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1. Kurutulan ürün

Materyal olarak kullanılan taze Şili biberleri Tokat ilindeki semt pazarından satın alınmıştır. Temin edilen ürünler zaman geçirmeden deneme sonuna kadar  $+4 \pm 0.5$  °C sıcaklığa ayarlanmış bir buzdolabı ortamında muhafaza edilmiştir. Şili biberinin ilk nem içeriğinin belirlenmesi için sabit 70 °C sıcaklık ortamında ağırlık değişimi 0.01 g olana kadar bekletilmiştir. Kurutma işlemlerinde Şili biberleri boyuna ikiye dilimlenerek kurutulmuştur.

### 2.2. Nem tayinin belirlenmesi

Ürünün başlangıç nem içeriğini belirlemek için ortalama  $25 \pm 2$  g örnek kullanılmıştır. Kurutma kabini iç sıcaklığı 70 °C'ye ayarlanarak materyalin ağırlık değişimi sabitlenene kadar kurutulmuştur (Yağcıoğlu, 1999). Kuruma esnasında üründe oluşan ağırlık değişimi % 1 g hassasiyetli terazide tartılarak belirlenmiştir.

### 2.3. Yapılan ön işlemler

Taze Şili biberleri kurutma işleminden önce kaynamış suda sırasıyla 1, 3 ve 5'er dakika ve mikrodalga fırında 360 W güç değerinde ise sırasıyla 1, 2 ve 3'er dakika sürelerinde bekletme ön uygulamaları yapılmıştır.

### 2.4. Kurutma işlemi

Kontrol örnekleri ve ön işlem yapılmış örnekler 3'er paralel olmak üzere etüvde kabin iç sıcaklığı 65 °C'ye ayarlanmış bir kurutma ortamında gerçekleştirilmiştir. Kurutma işleminde örneklerin son nem içerikleri yaş baza göre % 10 nem

seviyelerine kadar kurutulmuştur. Ürünlerin süreye bağlı ağırlık değişimini tespit edebilmek için örnekler 0.01 g hassasiyete sahip terazi ile tartılmış ve değerler kayıt edilmiştir.

## 2.5. Kullanılan kurutucu

Çalışmada kullanılan etüv, Şimşek Laborteknik marka olup ST-120 tip modelidir. Kurutma havasının sıcaklığı üzerinde bulunan PID denetleyiciler kullanılarak kontrol edilmektedir.

## 2.6. İnce tabaka kuruma modelleri

Kurutma işlemi esnasında Şili biberinden uzaklaşan nem oranı değerlerinin belirlenmesi için 1 numaralı eşitlik kullanılmıştır.

$$MR = \frac{M - M_e}{M_0 - M_e} \quad (1)$$

Burada: MR; Ayrılabilir nem oranı, M; Ürünün anlık nem içeriği [(kg su.kg kuru madde<sup>-1</sup>)], M<sub>e</sub>; Ürünün denge nem içeriği [(kg su.kg kuru madde<sup>-1</sup>)], M<sub>0</sub>; Ürünün ilk nem içeriğidir. [(kg su.kg kuru madde<sup>-1</sup>)]. En uygun ince tabaka kuruma modelini belirlemek için kullanılan eşitlikler [2-5] arasında verilmiştir.

$$\text{Lewis} \quad MR = \exp(-k \cdot t) \quad \text{Lewis (1921)} \quad (2)$$

$$\text{Jena-Das} \quad MR = k \cdot \exp(-h \cdot t + j(t^{0.5}) + m) \quad \text{Jena and Das (2007)} \quad (3)$$

$$\text{Wang-Sing} \quad MR = 1 + k \cdot t + h \cdot t^2 \quad \text{Wang and Sing (1978)} \quad (4)$$

$$\text{Page} \quad MR = \exp(-k \cdot (t^h)) \quad \text{Page (1949)} \quad (5)$$

Burada: h, j, k, m; modellere ait katsayılar, t; süre.

## 2.7. Efektif difüzyon değerleri

Efektif difüzyon değerleri hesaplamak için 6 eşitliği kullanılmıştır (Corzo ve ark., 2008).

$$\ln ANO = \ln \frac{8}{\pi^2} - \frac{\pi^2 \cdot D_{eff} \cdot t}{4L^2} \quad (6)$$

Burada: D<sub>eff</sub>; efektif difüzyon değerini (m<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup>), L; ürünün kalınlık değerinin (m) yarısıdır.

## 2.8. Termo-fiziksel özellikler

Şili biberi dilimlerinin kuru baza göre nem içeriğinin bir fonksiyonu olarak özgül ısı, termal iletkenlik, termal difüzyon ve özgül kütle özellikleri hesaplanmıştır. Özgül ısı değerini belirlemek için 7 numaralı eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (Huang ve ark., 2013).

$$C_{p=837+3348\left(\frac{X}{1+X}\right)} \quad (7)$$

Burada: C<sub>p</sub>; özgül ısı (J kg.K<sup>-1</sup>), X; kurubaza göre olan nem içeriğini (kg su.kg kuru madde<sup>-1</sup>) temsil eder.

Şili biberi dilimlerinin termal iletkenlik değeri 8 numaralı eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (Ruiz-Lopez ve ark., 2004).

$$k = 0.49 - 0.44 \exp(-0.206X) \quad (8)$$

Burada: k; termal iletkenlik (W m.K<sup>-1</sup>) değerini temsil eder.

Kurutma materyalinin termal difüzyon hızı  $\alpha$  değerinin hesaplanmasında 9 numarada verilen eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (Ruiz-Lopez ve ark., 2004).

$$\alpha = \frac{k}{p \cdot C_p} \quad (9)$$

Burada:  $\alpha$ ; termal difüzyon hızı ( $m^2 \cdot s^{-1}$ ),  $p$ ; özgül kütle ( $kg \cdot m^{-3}$ ) değerini temsil eder.

Şili biberi dilimlerinin özgül kütle değeri ise 10 numarada verilen eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (Perusello ve ark., 2013; Tzempelikos ve ark., 2015).

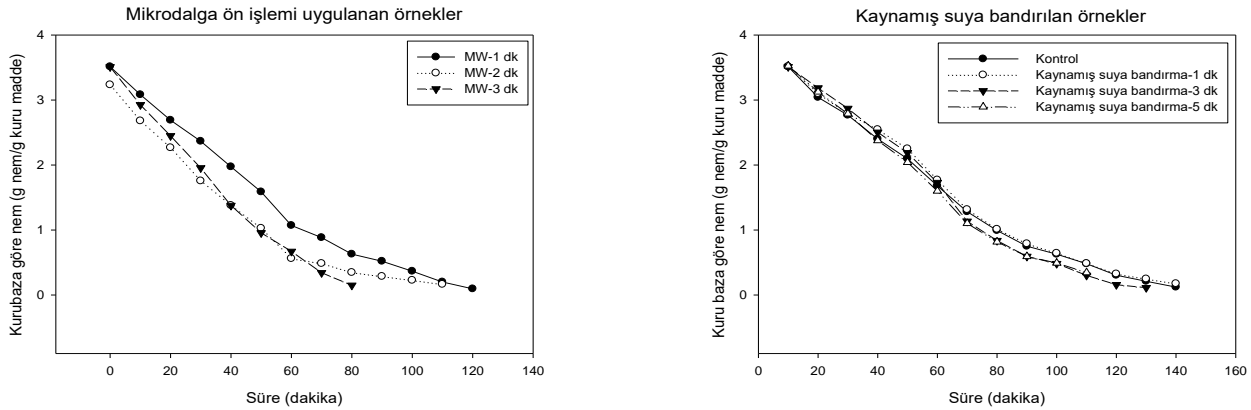
$$P_p = 147.95 \frac{X}{X_0} + 691.46 \quad (10)$$

Burada:  $P_p$ ; özgül kütle ( $kg \cdot m^{-3}$ ),  $X_0$ ; ilk baştaki kurubaza göre nem içeriğini ( $kg \text{ su} \cdot kg \text{ kuru madde}^{-1}$ ) değerini temsil eder.

### 3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

#### 3.1. Kuruma süreleri

Kaynamış suya bandırma ve mikrodalga uygulama ön işlemlerinin Şili biberinin ortalama kuruma sürelerine olan etkilerini belirlenmiştir. Örneğin ilk nem içeriği % 77.87 (y.b.) olarak belirlenmiş ve kurutma işlemlerinde yaş baza göre % 10-13 (y.b.) son nem değerlerine kadar kurutulmuştur. Deng ve ark. (2018), kırmızı biber kurutma çalışmasında ilk nem içeriğini % 74.40 olarak belirledikleri örneklerin nem içeriğini % 10 seviyelerine kadar düşürmüşlerdir. Kurutulan örneklerin süreye bağlı nem içeriği değişimi (k.b.) Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. Şili biberi örneklerinin kuruma süreleri

Şekil 1’e göre, mikrodalga ön işlemin uygulama süresinin artması ile Şili biberinin kuruma süresi azalmıştır. Mikrodalga ön işleminin kontrole göre uygulama süresine bağlı olarak kuruma süresini % 14.29 ile % 42.86 arasında azalttığı tespit edilmiştir. Kaynamış suya bandırma ön işlemi ise örneklerin kuruma süresini bandırma süresine bağlı olarak % 7.14-28.57 oranında kısaltmıştır. Mikrodalga uygulama ön işlemi ise kaynamış suya bandırma ön işlemine göre Şili biberinin kuruma süresini % 57.11 oranında azaltmıştır. İncedayı (2020), kırmızı biberleri 95 °C sıcaklıktaki tuz çözeltisine bandırma, ohmik ısıtma ve mikrodalga uygulama ön işlemlerinin etkisini araştırmak için 60 ve 70 °C sıcaklıklarda kurutarak kuruma süreleri açısından kontrol örnekleriyle kıyaslamışlardır. Örnekler 60 °C sıcaklıkta kurutulduğunda kontrol, tuz çözeltisi, mikrodalga ve ohmik ısıtma uygulanan örneklerin kuruma sürelerini sırasıyla 315, 275, 270 ve 290 dakika olarak hesaplanmıştır. Örnekler 70 °C sıcaklıkta kurutulduğunda ise bu değerleri sırasıyla 280, 215, 205 ve 210 dakika olarak belirlemişlerdir.



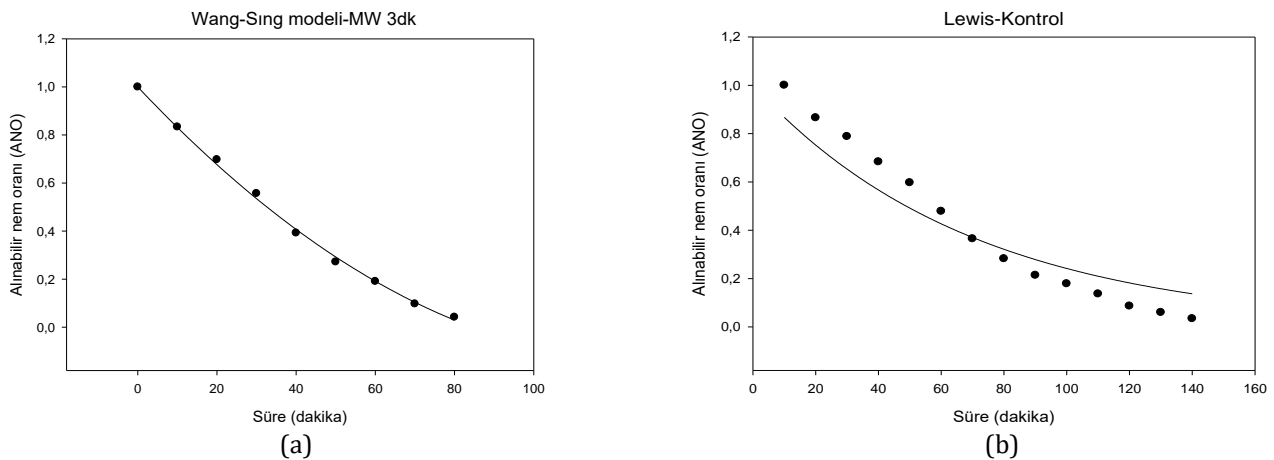
### 3.2. Kuruma modelleri

Kurutma işlemleri esnasında üründen uzaklaşan nem oranı değerleri Lewis, Jena-Das, Wang-Sing, Page modellerinde işlenerek en iyi tahmin eden matematiksel model tespit edilmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Kuruma modellerine ait veriler

	Kurutma ön işlemleri	k	H	j	m	R <sup>2</sup>	P
Lewis	Kontrol	0.0142				0.9118	<0.0001
	MW-1 dk	0.0184				0.9632	<0.0001
	MW-2 dk	0.0181				0.9912	<0.0001
	MW-3 dk	0.0236				0.9811	<0.0001
	Kaynamış su-1 dk	0.0163				0.9562	<0.0001
	Kaynamış su-3 dk	0.0176				0.9347	<0.0001
	Kaynamış su-5 dk	0.0177				0.9547	<0.0001
Jena-Das	Kontrol	1.1318	0.4130	0.7895	0.1268	0.9741	<0.0001
	MW-1 dk	1.0394	0.4138	0.7880	0.0347	0.9715	<0.0001
	MW-2 dk	1.0285	0.4163	0.7829	0.0237	0.9850	<0.0001
	MW-3 dk	1.0325	0.4170	0.7815	0.0278	0.9687	<0.0001
	Kaynamış su-1 dk	1.0425	0.4127	0.7900	0.0380	0.9661	<0.0001
	Kaynamış su-3 dk	1.0545	0.4136	0.7882	0.0506	0.9506	<0.0001
	Kaynamış su-5 dk	1.0399	0.4135	0.7886	0.0358	0.9655	<0.0001
Wang-Sing	Kontrol	-0.0098	1.8352			0.9774	<0.0001
	MW-1 dk	-0.0134	4.3835			0.9951	<0.0001
	MW-2 dk	-0.0181	8.6941			0.9963	<0.0001
	MW-3 dk	-0.0175	6.7377			0.9981	<0.0001
	Kaynamış su-1 dk	-0.0120	3.4683			0.9907	<0.0001
	Kaynamış su-3 dk	-0.0124	3.2856			0.9845	<0.0001
	Kaynamış su-5 dk	-0.0128	3.4158			0.9912	<0.0001
Page	Kontrol	0.0007	1.7001			0.9977	<0.0001
	MW-1 dk	0.0032	1.4263			0.9959	<0.0001
	MW-2 dk	0.0081	1.2773			0.9962	<0.0001
	MW-3 dk	0.0048	1.4384			0.9953	<0.0001
	Kaynamış su-1 dk	0.0023	1.4742			0.9948	<0.0001
	Kaynamış su-3 dk	0.0011	1.6712			0.9956	<0.0001
	Kaynamış su-5 dk	0.0025	1.4849			0.9958	<0.0001

Çizelge 1'e göre, modeller arasında kuruma oranlarını en iyi Wang-Sing modeli tahmin etmiştir. Bu model Şili biberlerine 3 dakika mikrodalga ön işlem uygulandıktan sonra kurutulan örneklerde tespit edilmiştir. Seçilen tüm matematiksel modeller istatistiksel açıdan  $P < 0.05$  olduğu için kullanılmalarının güvenli olduğu tespit edilmiştir. En iyi ve en zayıf tahmin eden matematiksel modellere ait eğriler sırasıyla Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. En iyi (a) ve en zayıf (b) tahmin eden modellere ait kuruma eğrileri

### 3.3. Efektif difüzyon ve aktivasyon enerjisi

Mikrodalga uygulama ve kaynamış suya bandırma ön işlemlerinin Şili biberinin efektif difüzyon değerlerine olan etkisi inceleniş ve tespit edilen bulgular Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. Şili biberi dilimlerinin efektif difüzyon ve aktivasyon enerji değerleri

Kurutma ön işlemleri	Efektif difüzyon ( $m^2.s^{-1}$ )
<i>Kontrol</i>	$4.64 \times 10^{-6}$
<i>MW-1 dk</i>	$6.36 \times 10^{-6}$
<i>MW-2 dk</i>	$6.49 \times 10^{-6}$
<i>MW-3 dk</i>	$8.52 \times 10^{-6}$
<i>Kaynamış su-1 dk</i>	$5.14 \times 10^{-6}$
<i>Kaynamış su-3 dk</i>	$5.35 \times 10^{-6}$
<i>Kaynamış su-5 dk</i>	$5.67 \times 10^{-6}$

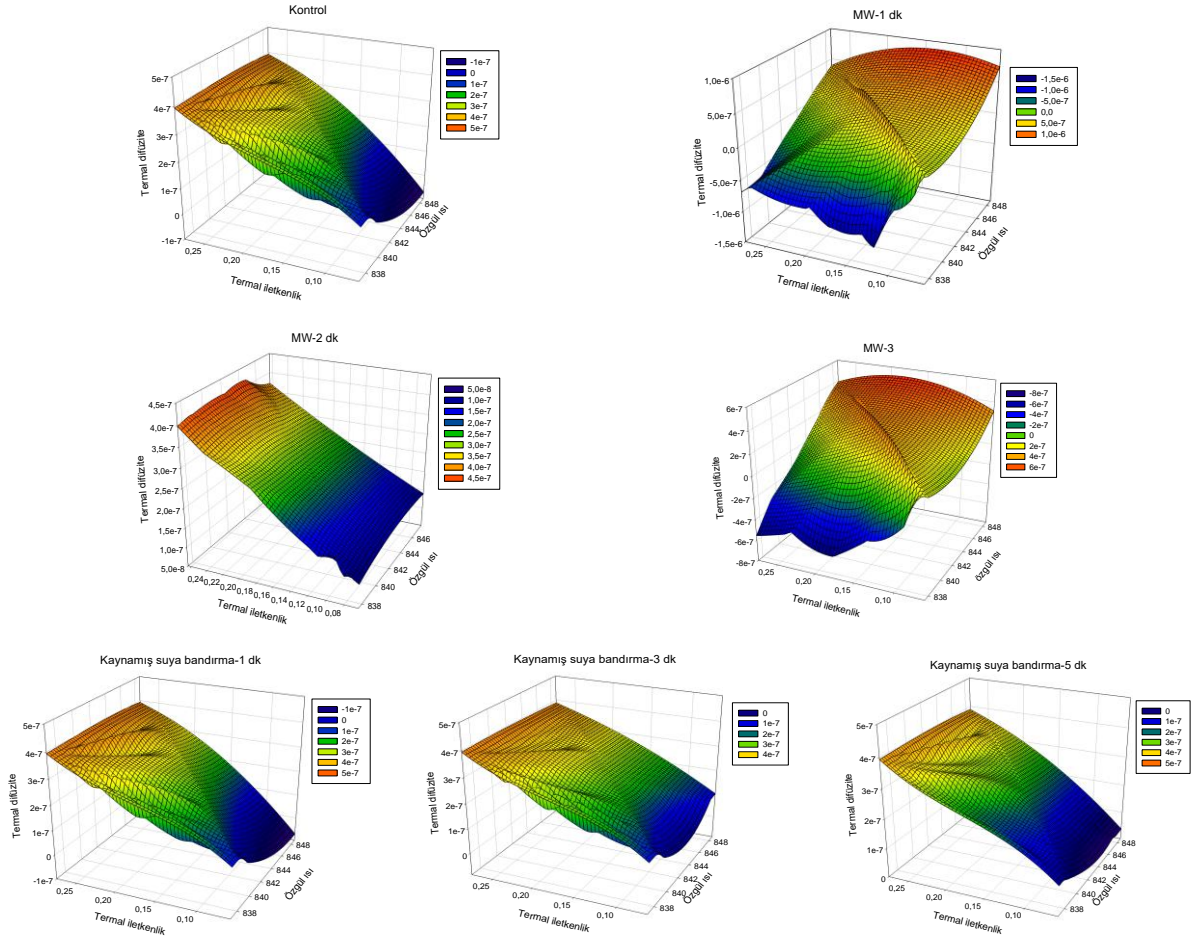
Çizelge 2’ye göre, Şili biberinin uygulanan ön işlemlerin kurutma esnasındaki efektif difüzyon değerlerini artırdığı tespit edilmiştir. Mikrodalga ön işlem uygulanan örneklerin efektif difüzyon değerleri  $6.36-8.52 \times 10^{-6} m^2.s^{-1}$  arasında değişirken, kaynamış suya bandırma ön işlemi uygulanan örneklerin efektif difüzyon değerleri ise  $5.14-5.67 \times 10^{-6} m^2.s^{-1}$  arasında değişmiştir. Her iki ön işlem için uygulama sürelerinin artmasıyla efektif difüzyon değerlerinin arttığı tespit edilmiştir. Mikrodalga ön işleminin kaynamış suya bandırma ön işlemine göre kıyaslandığında efektif difüzyon değerlerinin daha yüksek olduğu bulunmuştur. Bu durum mikrodalga ışınların Şili biberi üzerinde bir basınç farkı oluşturarak kurutma esnasında nemin daha kolay uzaklaşmasına ve yayılmasına neden olduğu düşünülmektedir.

### 3.4. Termo-fiziksel değerleri

Mikrodalga ve hibrit (mikrodalga+konvektif) fırınlarda kurutulan Şili biberi dilimlerinin ortalama özgül ısı, termal iletkenlik, termal difüzyon ve özgül kütle değerleri Çizelge 3’de verilmiştir. Bununla beraber kurutma yöntemlerine göre kuruma seyri boyunca değişen özgül ısı, termal iletkenlik ve özgül kütle verilerinin dağılımı ise Şekil 3’de verilmiştir.

Çizelge 3. Kurutulan Şili biberi dilimlerinin termo-fiziksel değerleri

Termofiziksel özellikler	Özgül ısı ( $J.kg.K^{-1}$ )	Termal iletkenlik ( $Wm.K^{-1}$ )	Termal difüzyon ( $m^2.s^{-1}$ )	Özgül kütle ( $kg.m^{-3}$ )
<i>Kontrol</i>	Maks: 848.72	0.28	$3.937 \times 10^{-7}$	839.41
	Min: 837.00	0.06	$1.041 \times 10^{-7}$	697.34
	Ort: 841.81	0.16	$2.391 \times 10^{-7}$	752.48
<i>MW-1 dk</i>	Maks: 848.72	0.28	$3.882 \times 10^{-7}$	839.41
	Min: 837.32	0.06	$1.005 \times 10^{-7}$	695.47
	Ort: 841.88	0.16	$2.395 \times 10^{-7}$	752.95
<i>MW-2 dk</i>	Maks: 847.79	0.26	$3.710 \times 10^{-7}$	839.41
	Min: 837.55	0.06	$1.103 \times 10^{-7}$	698.95
	Ort: 841.01	0.14	$2.159 \times 10^{-7}$	746.41
<i>MW-3 dk</i>	Maks: 848.71	0.28	$3.881 \times 10^{-7}$	839.41
	Min: 837.50	0.06	$1.082 \times 10^{-7}$	697.72
	Ort: 842.32	0.16	$2.516 \times 10^{-7}$	758.59
<i>Kaynamış su-1 dk</i>	Maks: 848.73	0.28	$3.938 \times 10^{-7}$	839.41
	Min: 837.00	0.07	$1.118 \times 10^{-7}$	699.80
	Ort: 841.96	0.16	$2.434 \times 10^{-7}$	754.56
<i>Kaynamış su-3 dk</i>	Maks: 848.72	0.28	$3.936 \times 10^{-7}$	839.41
	Min: 837.00	0.06	$1.028 \times 10^{-7}$	696.14
	Ort: 842.01	0.16	$2.420 \times 10^{-7}$	754.99
<i>Kaynamış su-5 dk</i>	Maks: 848.76	0.28	$3.944 \times 10^{-7}$	839.41
	Min: 837.00	0.08	$1.353 \times 10^{-7}$	705.90
	Ort: 842.60	0.17	$2.637 \times 10^{-7}$	763.22



Şekil 3. Kurutma ön işlemlerine göre özgül ısı, termal iletkenlik ve termal difüzyon değerlerinin dağılımı

Şili biberini kurutmadan önce yapılan mikrodalga uygulama ve kaynamış suya bandırma ön işlemlerinin termo-fiziksel özelliklerini etkilediği belirlenmiştir. Kuruyan örneklerin son durumdaki termo-fiziksel özellikleri birbirlerine çok yakın değer almıştır. Yapılan ön işlemlerin Şili biberi üzerindeki farklı kuruma karakteristikleri oluşturduğu için kuruma seyrince farklı değişiklikler sergilemiştir. Kurutulan örneklerin en yüksek özgül ısı, termal iletkenlik, termal difüzyon ve özgül kütle değerleri 3 dk mikrodalga ön işleminde tespit edilirken bandırma uygulamasında ise 5 dk kaynamış suda bekletilen örneklerde belirlenmiştir. Koç ve ark. (2008), ayva dilimlerini farklı yöntemlerde kurutarak özgül kütle değişiminin nem içeriğine göre dağılımını tespit etmişler. Sıcak havalı tepsi kurutma işleminde özgül kütle değişimi yaklaşık  $1050-1000 \text{ kg.m}^{-3}$  arasında belirlenirken, dondurarak yapılan kurutma işleminde ise bu değer  $950-400 \text{ kg.m}^{-3}$  arasında değiştiğini belirtmişler. Mariani ve ark. (2008), muz meyvesinin kurutulması işleminde  $17-65 \text{ }^\circ\text{C}$  sıcaklık aralığında değişen kurutma sıcaklığı  $3.43-0.01$  aralığında değişen nem değerinde termal difüzyon değerlerinin  $2.49 \times 10^{-10}-1.88 \times 10^{-7} \text{ (m}^2.\text{s}^{-1})$  arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Yagua ve ark. (2011), patates dilimlerini  $120, 130$  ve  $140 \text{ }^\circ\text{C}$  sıcaklıklarda sıcak havalı bir fırında kuruttuklarında örneklerin özgül kütle değişiminin giderek azaldığı ve ortalama  $1100-420 \text{ kg.m}^{-3}$  arasında değiştiğini tespit etmişler.

#### 4. SONUÇ

Bu çalışmada mikrodalgada bekletme ve kaynamış suya bandırma ön işlemlerinin Şili biberi örneklerindeki termo-fiziksel, ince tabaka kuru modelleri ve efektif difüzyon değerlerine etkisi araştırılmıştır. Yapılan ön işlem ve uygulama sürelerinin Şili biberinde incelenen özellikleri etkilediği bulunmuştur. Şili biberinin kuruma eğrilerini modellemek için Wang-Sing, Jena-Das, Lewis ve Page modelleri kullanılmış ve Wang-Sing modeli Şili biberinin kuruma eğrilerini en iyi tahmin eden model olarak tespit edilmiştir. Şili biberinin efektif difüzyon değerlerini mikrodalga ve kaynamış suya bandırma gibi ön işlemlerin farklı seviyelerde etkilediği ve mikrodalga ön işleminde en yüksek efektif difüzyon değerlerinin elde edildiği belirlenmiştir. Çalışmada efektif difüzyon değerlerinin  $5.14-8.52 \times 10^{-6} \text{ m}^2.\text{s}^{-1}$  arasında değiştiği tespit edilmiştir. Ayrıca ön işlemlerin termo-fiziksel özelliklerini de etkilediği de belirlenmiştir. Mikrodalga ön işleminde belirlenen en yüksek özgül ısı, termal iletkenlik, termal difüzyon ve özgül kütle değerleri 3 dk bekletme uygulamasında tespit edilirken sırasıyla,  $842.32 \text{ J kg.K}^{-1}$ ,  $0.16 \text{ W m.K}^{-1}$ ,  $0.2516 \times 10^{-7} \text{ m}^2.\text{s}^{-1}$ ,  $758.59 \text{ kg.m}^{-3}$  olarak hesaplanmıştır. Kaynamış suya bandırma ön işleminde ise 5 dk bekletme uygulamasında en yüksek değerler sırasıyla  $842.60 \text{ J kg.K}^{-1}$ ,  $0.17 \text{ W m.K}^{-1}$ ,  $2.637 \times 10^{-7} \text{ m}^2.\text{s}^{-1}$ ,  $763.22 \text{ kg.m}^{-3}$  olarak elde edilmiştir.

## KAYNAKLAR

- Arifin, U.F., ve Djaeni, M., 2018. Thermal degradation kinetics of capsaicin on drying of blanching-brine-calcium pretreatment red chili pepper. *Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis*, 13 (2): 365-372.
- Azoubel, P.M., Baima, M.D.A.M., Amorim, M.D.R. ve Oliveira, S.S.B., 2010. Effect of ultrasound on banana cv Pacovan drying kinetics. *Journal of Food Engineering*, 97 (2): 194-198.
- Bonazzi, C., ve Dumoulin, E., 2011. Quality Changes in Food Materials as Influenced by Drying Processes. *Modern Drying Technology: Volume 3: Product Quality and Formulation*, Volume 3, pp: 1-20.
- Cao, Z.Z., Zhou, L.Y., Yi, J.Y., Chen, Q.Q., Wu, X.Y., Zheng, J.K., ve Li, S.R., 2016. Effect of different drying technologies on drying characteristics and quality of red pepper (*Capsicum frutescens* L.): a comparative study. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96 (10): 3596-3603.
- Corzo, O., Bracho, N., ve Alvarez, C., 2008. Water effective diffusion coefficient of mango slices at different maturity stages during air drying. *Journal of Food Engineering*, 87 (4): 479-484.
- Deng, L.Z., Yang, X.H., Mujumdar, A.S., Zhao, J.H., Wang, D., Zhang, Q., Gao, Z.J., ve Xiao, H.W., 2018. Red pepper (*Capsicum annuum* L.) drying: Effects of different drying methods on drying kinetics, physicochemical properties, antioxidant capacity, and microstructure. *Drying Technology*, 36 (8): 893-907.
- Di Scala K and Crapiste G, 2008. Drying kinetics and quality changes during drying of red pepper. *LWT – Food Science Technology*, 41:789-795.
- Göztok, S.P. ve İçier, F., 2017. Karbon Fiber Destekli Kabin Kurutucuda Farklı Sıcaklıklarda Elma Diliplerinin Kurutulmasının İncelenmesi: Kurutma Karakteristikleri ve Performans Değerlendirmesi. *Akademik Gıda*, 15 (4): 355-367.
- Huang, S.R., Yang, J.I., ve Lee Y.C., 2013. Interactions of heat and mass transfer in steam reheating of starchy foods. *Journal of Food Engineering*, 114: 174-182.
- İncedayı, B., 2020. Assessment of pretreatments on drying kinetics and quality characteristics of thin-layer dried red pepper. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 44: 543-556. doi:10.3906/tar-2001-62.
- Jena, S., ve Das, H., 2007. Modeling for vacuum drying characteristics of coconut presscake. *Journal of Food Engineering*, 79: 92-99.
- Karim, M.A. ve Hawlader, M.N.A., 2005. Mathematical modelling and experimental investigation of tropical fruits drying. *International Journal of Heat Mass Transfer*, 48: 4914-4925.
- Koç, B., Eren, İ., ve Ertekin, F.K., 2008. Modelling bulk density, porosity and shrinkage of quince during drying: The effect of drying method. *Journal of Food Engineering*, 85 (3): 340-349.
- Lewis, W.K., 1921. The Rate of Drying of Solid Materials. *Industrial Engineering Chemistry*, 13: 427-432.
- Mariani, V.C., De Lima, A.G.B., ve Coelho, L.D.S., 2008. Apparent thermal diffusivity estimation of the banana during drying using inverse method. *Journal of Food Engineering*, 85 (4): 569-579.
- Md Salim N.S., Gariépy, Y., ve Raghavan, V., 2016. Hot air drying and microwave-assisted hot air drying of broccoli stalk slices (*Brassica oleracea* L. var. *Italica*). *Journal Food Process. Preservation*, 10.1111/jfpp.12905.
- Ozuna, C., Alvarez-Arenas, T.G., Riera, E., Carcel, J.A. ve Garcia-Perez, J.V., 2014. Influence of material structure on air-borne ultrasonic application in drying. *Ultrasonics Sonochemistry*, 21 (3): 1235-1243.
- Page, G.1949. Factors influencing the maximum rates of air drying shelled corn in thin layer. M.S. Thesis. Department of Mechanical Engineering, Purdue University, West Lafayette, IN, USA.
- Perusello, C., Cocco, V., Masson, M., ve De Castilhos F., 2013. Determination of thermophysical properties of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) to be used in a finite element simulation. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 67: 1163-1169. doi: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2013.09.004.
- Romauli, N.D.M., Purba, H.F., Purba, T., Manurung, E.D., ve Ambarita, H., 2019. Assessment of drying method and pretreatment size on characteristic of dried chillipowder. *Earth and Environmental Science*, 454 012101, doi:10.1088/1755-1315/454/1/012101.
- Ruiz-Lopez, I.I., Rodriguez-Jimenes, G.C., ve Garcia-Alvarado, M.A., 2004. Moisture and temperature evolution during food drying: effect of variable properties. *Journal of Food Engineering*, 63 (1): 117-124.
- Wangcharoen, W., ve Morasuk, W., 2009. Antioxidant capacity changes of bird chili (*Capsicum frutescens* Linn.) during hot air drying. *Kasetsart Journal of Nature and Science*, 43: 12-20.
- Tunde-Akintunde, T.Y., 2010. Effect of pretreatment on drying time and quality of chili pepper. *Journal of Food Processing and Preservation*, 34 (4): 595-608.
- Tzempelikos, D.A., Mitrakos, D., Vouros, A.P., Bardakas, A.V., Filios, A.E., ve Margaritis, D.P., 2015. Numerical modeling of heat and mass transfer during convective drying of cylindrical quince slices. *Journal of Food Engineering*, 156: 10-21.
- Wang, C.Y., ve Singh, R.P., 1978. A single layer drying equation for rough rice. ASAE Paper No: 78-3001, ASAE, St. Joseph, MI.
- Yagua, C.V., ve Moreira, R.G., 2011. Physical and thermal properties of potato chips during vacuum frying. *Journal of Food Engineering*, 104 (2): 272-283.
- Yağcıoğlu, A., 1999. Tarımsal Ürünleri Kurutma Tekniği. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi yayınları*, No: 536. Bornova, İzmir.
- Zhang, X.L., Zhong, C.S., Mujumdar, A.S., Yang, X.H., Deng, L.Z., Wang, J., ve Xiao, H.W., 2019. Cold plasma pretreatment enhances drying kinetics and quality attributes of chili pepper (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Food Engineering*, 241: 51-57.

## Döner Tamburlu Kurutucularda Gübre Kurutma Simülasyonu

### Fertilizer Drying Simulation in Rotary Drum Dryers

İlyas Kacar<sup>1</sup> , Cem Korkmaz<sup>2,\*</sup> 

<sup>1</sup> Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü, Niğde, Türkiye.

<sup>2</sup> Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Adana, Türkiye.

\* Corresponding author (Sorumlu Yazar): C. Korkmaz, e-mail (e-posta): [ckorkmaz@cu.edu.tr](mailto:ckorkmaz@cu.edu.tr)

#### Makale Bilgisi

Alınış tarihi : 22 Eylül 2021  
Düzeltilme tarihi : 04 Kasım 2021  
Kabul tarihi : 05 Kasım 2021

#### Anahtar Kelimeler:

Elaman ağı  
Polyhedron  
Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği  
Kurutma  
Döner Tamburlu Kurutucular

Çalışmada kalite, hız, çözüm maliyeti değerleri amaçlanmıştır. Karmaşık yapı katı modellerin HAD, Statik vb. analizleri için optimum ağ yapısının oluşturulmasında son yıllarda en gelişmiş ağ yapısına sahip olan polyhedral ağ bu çalışmanın simülasyonlarında kullanılan karmaşık olmayan basit silindirik katı modele uygulanmıştır. Bu çalışmada kullanılan Ansys Fluent ticari programı ile ağ kalite kriterleri ile gerçekleştirilen ağ optimizasyonunda analiz gerçekleştirme hızı, analiz sonuçlarına yakınsama kriteri ve ağ kalitesi bakımından en optimum ağ yapısının karmaşık olmayan basit silindirik vb. geometriler için öngörülen sweep ve multizone heksahedral ağ yapıları olduğu belirlenmiştir. Polyhedral ağ yapısının tetrahedral ağ yapısına göre daha kaliteli olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak, karmaşık geometriler için geliştirilmiş en gelişmiş ağ yapısı olan polyhedral ağ yapısının bu çalışmada kullanılan karmaşık olmayan basit silindirik modele uygulanması en optimum sonucu vermemiştir. En kaliteli ağ yapısı olan polyhedral ağ yapısının tüm katı modeller için en optimum sonucu vermeyeceği bu çalışmada görülmüştür. Optimum ağ yapısının, katı modelin geometrik yapısına bağlı olarak değiştiği anlaşılmıştır. Mesh kalite kriterlerine göre katı modelin geometri yapısına uygun ağ yapısının oluşturulması kalite, hız ve çözüm süre maliyetini etkilemektedir. Katı modelin geometrik yapısına uygun optimum ağ yapısının oluşturulması gerekliliği bu çalışmada ortaya çıkmıştır.

#### ÖZET

Hesaplamalı akışkanlar dinamiği simülasyonlarında başlıca sıkıntı, sorunun türüne bağlı olarak uygun eleman ağının oluşturulmamasıdır. Maalesef, her geometriye uygun tek bir ağ modeli bulunmamaktadır. Üstelik eleman ağının kalitesi belli bir seviyenin altında ise problem analizi gerçekleştirilemez. Ticari yazılımların her birinde eleman ağı oluşturmak için farklı yöntemler mevcuttur. Bu nedenle oluşturulan ağ, yazılıma da bağlı olmaktadır. Her ne kadar genel olarak kare elemanlardan oluşan ağ yapıları kalitesinin yüksek olduğu basırmak kuralı olarak bilinmekte ise de, bu elemanlar karmaşık geometrilerde uygulanamamaktadır. Oluşturulan eleman ağının uygun olup olmadığının değerlendirilmesinde kalite ölçütleri kullanılmaktadır. Kaliteli elemanlardan oluşan bir modelin oluşturulması, analiz sonuçlarının doğruluğuna ve hesaplama maliyetine doğrudan etki etmektedir. Fakat kalite ölçütlerini göz önünde bulundurarak en uygun mesh metodunu uygulamak problemin geometrisine/parametrelerine bağlı olmaktadır. Bu çalışmada, son yıllarda hem kalitesiyle, hem çözümdeki hızıyla ve hem de karmaşık geometrileri en iyi ayrıştırılabilme özellikleri nedeni ile ön plana çıkan polyhedral eleman ağının, bir döner tamburlu kurutucu simülasyonunda kullanımının değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

#### Article Info

Received date : 22 September 2021  
Revised date : 04 November 2021  
Accepted date : 05 November 2021

#### Keywords:

Element Mesh  
Polyhedron  
Computational Fluid Dynamics  
Drying  
Rotary Drum Dryers

The polyhedral mesh, which has the most advanced mesh structure in recent years, has been applied to the uncomplicated simple cylindrical solid model used in the simulations of this study to create the optimum mesh structure for CFD, Static analyses etc. solid models with complex structure. In the mesh optimization performed with the mesh quality criteria with the Ansys Fluent commercial program used in this study, the most optimum mesh structure in terms of analysis performance speed, convergence criteria to the analysis results and mesh quality, it has been determined that sweep and multizone hexahedral mesh structures are predicted for the uncomplicated simple cylinder etc geometries. It has been determined that the polyhedral mesh structure is of higher quality than the tetrahedral mesh structure. As a result, the application of the polyhedral mesh structure, which is the most advanced mesh structure developed for complex geometries, to the uncomplicated simple cylindrical model used in this study did not give the optimum result. It has been seen in this study that the polyhedral mesh structure, which is the best quality mesh structure, may not give the optimum result for all solid models. It is understood that the optimum mesh structure changes depending on the geometric structure of the solid model. According to the mesh quality criteria, the creation of the mesh structure suitable for the geometry structure of the solid model affects the quality, speed and solution time cost. The necessity of creating an optimum mesh structure suitable for the geometric structure of the solid model has emerged in this study.

#### ABSTRACT

The main problem in computational fluid dynamics simulations is the inability to create the appropriate element mesh depending on the type of problem. Unfortunately, there is no one-size-fits-all mesh model. Moreover, if the quality of the element network is below a certain level, problem analysis cannot be performed. In each of the commercial software there are different methods for creating the element mesh. For this reason, the network created is also dependent on the software. Although it is generally known as a rule of thumb that the quality of mesh structures consisting of square elements is high, these elements cannot be applied to complex geometries. Quality criteria are used to evaluate whether the created element network is suitable. The creation of a model consisting of quality elements directly affects the accuracy of the analysis results and the calculation cost. However, considering the quality criteria, applying the most appropriate mesh method depends on the geometry/parameters of the problem. In this study, it is aimed to evaluate the use of polyhedral element mesh, which has come to the fore in recent years due to its quality, speed in solution and best separation of complex geometries, in a rotary drum dryer simulation. Quality, speed, solution cost values were aimed in the study.

## 1. GİRİŞ

Döner tamburlu kurutucular, ziraattan (gübre kurutma), tıbbı (tablet ilaç kaplama) geniş bir kullanım alanına sahiptirler. Kurutma amaçlı kullanıldıkları gibi, soğutma amaçlı olanları da mevcuttur.

Bir döner tamburlu kurutucuda gerçekleşen olaylar; hava akışı, partikül akışı, hava-partikül etkileşimi, ısı-nem transferi, kimyasal korozyon, mekanik aşınma, mekanik dönme hareketi, çok bileşenli partikül karışımı, hava bileşenlerinin karışımı ve türbülanstır. Sadece akademik literatürde değil, üniversite-sanayi işbirliklerinin artmakta olduğu zamanımızda endüstride sıklıkla kullanılmakta olan bu tür kurutucuların, tasarımlarında ve analizlerinde en pratik ve ekonomik araç, akış simülasyonlarıdır.

Akış simülasyonlarında karşılaşılan en büyük problem, oluşturulacak eleman ağının kalitesi ve akış bölgesi ile olan uyumsuzludur. Eleman ağının kalitesi eğer belli bir seviyeden daha az ise, çözücü, çözüm yapamamaktadır. Ticari yazılımların her birinde eleman ağı oluşturmak için farklı yöntemler mevcuttur. Eleman ağı kurulmasında karşılaşılan bu problemlerin giderilmesinde;

Karmaşık geometrilere uygulanabilirliği, kalitesinin yüksekliği, az sayıda eleman kullanmasının beraberinde hızlı bir çözüm süreci oluşturması gibi nedenlerle son zamanlarda polyhedral (çokyüzlü) eleman ağı kullanılmaktadır. Bu elemanlarla oluşturulan ağa mozaik ağı da denmektedir.

Polyhedron mesh kullanımı son zamanlarda yaygınlaşmıştır. Mesh tipinin çözüm hassasiyeti üzerinde etkili olmadığı ancak çözüm süresini etkilediği ifade edilmiştir. Altı yüzlü (hexahedral) ağı, en hızlı çözme süresiyle sonuçlanırken, çokyüzlü (polyhedral) ağı, altı yüzlü ağdan 1.4 kat daha uzun çözüm süresine yol açmıştır. Tetrahedral ağı ise altı yüzlü elemana göre 7.5 kat daha uzun hesaplama süresi oluşturmuştur (Roberts vd., 2021). İlk bakışta, altı yüzlü elemanların daha kısa süren çözümü nedeni ile daha tercih edilebilir olduğu değerlendirilmiş olsa da bu durum kolay şekle sahip geometriler içeren akış bölgeleri hali için geçerlidir. Geometri karmaşıklıktıkça altı yüzlü elemanların kullanılamayacağı, akıldan çıkarılmamalıdır.

Çokyüzlü ağın, hesaplama doğruluğundan taviz vermeden tetrahedral olandan çok daha az ağı hücrelerine yol açtığı ifade edilmiştir (Zhang vd., 2020). Çokyüzlü ağın CFD sayısal simülasyon sonuçları, aynı örgü hücre eleman sayısına sahip dörtyüzlü ile karşılaştırıldığında deneysel verilere daha iyi uyum sağladığı görülmüştür. Ek olarak, çokyüzlü ağı sonuçlarının, hız gradyanına dayalı adaptif ağı oluşturma ile inceltileen dört yüzlü ağdan daha doğru olduğu bulunmuştur.

Çokyüzlü ağı ile yapılan analizlerin doğrulukları, altı yüzünün doğruluğuna yakındır ve tetrahedral doğruluklarından daha iyidir. Bununla birlikte, çokyüzlü ağı, hesaplama kaynakları için en ekonomik olanıdır, çünkü çokyüzlü durumların hücre sayıları, altı yüzlü durumlarının yarısından daha az ve dört yüzlü durumların yaklaşık dörtte biri kadardır (Wang vd., 2021).

Çok yüzlü ağı yardımı ile yüksek sayıda elemanlara sahip kanat modelleri daha az sayıda eleman içeren ağı dönüştürülmüştür (Marimuthu ve Chinnathambi, 2021). Bu, doğruluktan ödün vermeden hesaplama maliyeti ve zaman açısından yardımcı olacak ağı elemanının boyutunu ve sayısını azaltmıştır.

Tetrahedronlar ağı çok karmaşık geometri durumunda bile mesh yapabilmeye kolaylığı sağlamaktadır.

Öte yandan, kalite faktörünü düşürmeden elemanların en/boy oranı büyük miktarda artırılmamaktadır. Bu nedenle makul bir doğruluk elde etmek için altı yüzlü ağı ile karşılaştırıldığında önemli ölçüde daha fazla sayıda hücre kullanılmalıdır. Ayrıca, tetrahedral elemanların sayısal difüzyonu önemli ölçüde daha yüksektir. Çokyüzlü ağın en büyük yararı, her bir hücrenin birçok komşuya sahip olmasıdır, bu nedenle gradyanlar iyi bir şekilde tahmin edilebilir. Polihedronlar ayrıca çarpımalara tetrahedronlardan daha az hassastır. Böylece polyhedronlar daha iyi ağı kalitesine sahiptir ve bu da modelin sayısal stabilitesinin artmasına sebep olur (Sosnowski, Krzywanski, vd., 2018).

Mesh stratejilerinden biri olan adaptif mesh ile yüksek sayıda eleman gerek olmadan ve doğruluktan taviz vermeden analiz yapılabilirdiği de görülmüştür. Böylece hesaplamadan önce büyük ölçekli türbülans yapılarını ve yüksek eğimli bölgeleri çözebilecek bir ağı oluşturmak artık gerekli olmayacaktır. Bunun yerine, kritik bölgelerde (örneğin, reaksiyon bölgesi, kesme katmanı, akış devridaim bölgesi) ağı otomatik olarak iyileştiren ve aşırı rafine etmeyen uygun bir dinamik ağı uyarlama prosedürü ile birlikte çok daha kaba, düşük kaliteli bir başlangıç ağı kullanılabilir. Böylece yeterli çözüm doğruluğu garanti edilirken toplam hücre sayısını yaklaşık %30 - %70 oranında azalmaktadır (Xia vd., 2021).

Mozaik eleman ağı, toplam hücre sayısını azaltır ve toplu bölgelerdeki poli-hexcore hücreler, denklem sayısını azaltarak daha hızlı bir çözme süresi sağlar. Poly-hexcore, ekibin daha önce kullandığı tetrahedral ağdan daha verimlidir (Murua, 2019).

Çokyüzlü elemanlarla çözüm yakınsama süresinin, karşılaştırılabilir boyuttaki altı yüzlü ağlara göre %50-%140 daha yüksek olmasına rağmen karmaşık geometrilerin (solunum aerosol dozimetrisinin (Thomas ve Longest, 2022) meshlenmesinde sağladığı kolaylık nedeni ile tercih edilebilir olmaktadır.

Simülasyonda daha az sayıda yineleme içinde yakınsadığı için çokyüzlü ağı tercih edilmiştir. İlaveten, çokyüzlü elemanlar, özellikle tetrahedral elemanlarda çok fazla görülen bir problem türü olan *sayısal difüzyon* problemini de ortadan kaldırmaktadır. Çünkü sayısal difüzyondan etkilenmemektedirler (Sosnowski, Gnatowska, vd., 2018). Sayısal difüzyon; girdaplı akışlarda, çözüm algoritmalarındaki aşırı sayısal difüzyon nedeniyle girdapların deforme olması ve zamanından önce dağılmasıdır. Düşük dereceli CFD algoritmalarında çözüm olarak son derece iyi izgara çözünürlüğü kullanılmalıdır. Fakat ince izgara çözünürlüğü gereksinimi, en güçlü bilgisayar mimarilerinde bile çözülemeyen son derece büyük hesaplama



sorunlarına yol açmaktadırlar. Başka bir çözüm olarak yüksek dereceli şemalar kullanılmaktadır. Bu nedenle, yüksek dereceli şemaların veya poly elemanların kullanılmasının bilgi işlem maliyetini önemli ölçüde düşürmesi beklenmektedir.

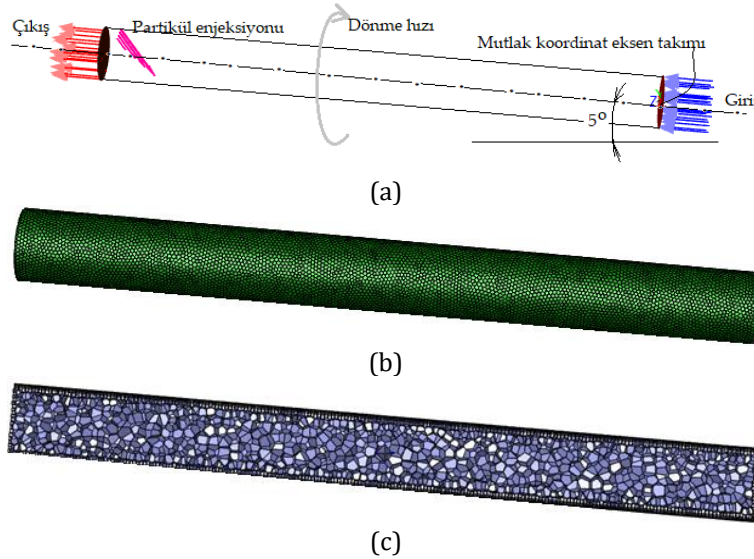
Mozaik Poly-Hexcore ağ; toplam eleman sayısında ~%48 azalma, ~%41 daha az hesaplama süresi ile geleneksel Hexcore ağ ile karşılaştırıldığında ön plana çıkmaktadır. Ayrıca, her iki ağdan elde edilen hesaplama sonuçlarının doğruluğu, aerodinamik kuvvet katsayıları, kanat açıklığı basınç katsayısı rüzgâr tüneli ölçüm verileriyle karşılaştırılarak doğrulanmıştır (Zore vd., 2019).

Çalışmalar; çokyüzlü ağların, yaklaşık olarak aynı ızgara sayılarına sahip diğer iki ağ türü ile karşılaştırıldığında, model doğruluğundan ödün vermeden hesaplama zamanından neredeyse %95 tasarruf sağlayabildiğini göstermektedir. Genel olarak, iç akış simülasyonları için üstün bir performans (model doğruluğu ve hesaplama süresi) göstererek mühendislik uygulamalarında büyük bir potansiyele sahip olduğu görülmüştür (Chen vd., 2021).

Bu çalışmada, son yıllarda hem kalitesiyle, hem çözümdeki hızıyla ve hem de karmaşık geometrileri en iyi ayrıklaştırabilme özellikleri nedeni ile ön plana çıkan polyhedral eleman ağının, bir döner tamburlu kurutucu simülasyonunda kullanımının değerlendirilmesi sunulmuştur. Kalite, hız, çözüm maliyeti değerleri tartışılmıştır.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

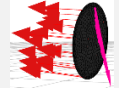
Çalışmada hesaplamalı akışkanlar dinamiği simülasyonu kullanılmış olup döner gübre kurutucunun boyutları ve uyguladığımız sınır şartları, geometri ve karşılık gelen ağ, Şekil 1'de gösterilmektedir. İşletme ortamındaki şartları olduğu gibi simülasyona dâhil edebilmek için 1x10m silindirik ve 5° eğimli katı model olarak çizilmiştir. Her ne kadar bu hali ile sistem simetrisi içeriyor gibi gözükse de, çözüm bölgesi içerisinde partiküllerin nasıl hareket edeceğini bilemediğimiz için simetriklik kullanılmamış, üç boyutlu tam model oluşturulmuştur.



Şekil 1. (a) Döner tamburlu gübre kurutucu modeli (b) Çözüm bölgesinin polyhedral mesh yapısı (c) ilgilenilen bölgede (orta kısım) hücre boyutu 0.05-1 m.

Simülasyonda gereken matematiksel modeller, bilimsel literatüre bakılarak (Chen vd., 2021; Roberts vd., 2021; Sosnowski, Gnatowska, vd., 2018; Thomas ve Longest, 2022) ve önceki çalışmalarda farklı modelleri test ederek seçilmiştir (Korkmaz ve Kacar, 2021). Brülörün üflediği hava şartlarını oluşturmak üzere girişten 2.7 m/s hızında ve 101° sıcaklığında kuru hava girmektedir. Yön olarak, yüzey normali seçilmiştir. Çıkış ise, 0 Pa manometre basıncına sahip atmosfere açılmaktadır. Hız tanımlamaları mutlak koordinat eksen takımına göre yapılmıştır. Giriş ve çıkışlardaki türbülans davranışı, %5 yoğunluklu ve vizkozite oranı 10 olarak tanımlanmıştır. İşletme basıncı 101325 Pa olup, yerçekimi ivmesi olarak y eksenini doğrultusunda -9.81 m/s<sup>2</sup> girilmiştir. İşletme sıcaklığı 15.01° ve yoğunluğu 1.225 kg/m<sup>3</sup> olan havadır. Isı transferi hesaplaması için enerji denklemleri aktif edilmiştir. Sürekli faz türlerinin karışımından oluşmaktadır, ayrık faz ise çok bileşenli partikülden oluşmaktadır. Gaz ve partikül fazları için duvarlarda kaymama koşulu uygulandı. Simülasyonların parametreleri ve modelleri sırasıyla Çizelge 1 ve 2'de gösterilmiştir.

Çizelge 1. Gübre enjeksiyon özellikleri

<b>Enjeksiyon özelliği</b>	<b>Değer</b>
Enjeksiyon tipi	20'li grup
Partikül tipi, başlangıç nemi	Çok bileşenli Uçucu faz:%18 H <sub>2</sub> O Katı faz:%82 üre
Kuru partikül yoğunluğu (kg/m <sup>3</sup> )	850
Yaş partikül yoğunluğu (kg/m <sup>3</sup> )	1100
Partikül dağılım modeli	Rosin-Rammler
Partikül şekli	Küresel
Partikül çapı	Min:5 mm, Maks:10 mm
Partikül kütle akış hızı (kg/s)	1.2
Hız vektörü (m/s)	(0, -0.0406, -0.03)
Yayıma parametresi	3.5
Uygulama noktası	
Enjeksiyon giriş sıcaklığı	26.85°

Çizelge 2. Simülasyon modelleri

<b>Modeller</b>	<b>Değer</b>
Partikül-hava çok fazlı akış modeli	Eulerian-Lagrangian
Sürüklenme modeli	Gidaspow
Türbülans modeli	SST $\kappa$ - $\omega$
Malzeme (tambur)	Al, 5mm
Malzeme (sürekli faz)	Türlerin karışımı %0 H <sub>2</sub> O (buhar) %23 O <sub>2</sub> (gaz) %77 N <sub>2</sub> (gaz)
Malzeme (ayrık faz)	Çok bileşenli partikül
Akış bölgesinin hızı	$\omega=1.26$ rad/s

Bu simülasyonun sonuçlarını deneysel sonuçlarla karşılaştırmak için, gerçek zamanlı simülasyonun 0-100 s arasında bir ortalama hesaplandı. Ayrıklaştırma şeması ikinci dereceden, basınç-hız birleştirme yöntemi SIMPLE ve zaman adımı 0.0001 s idi. Duvarlarda her iki faz için kaymazlık koşulu kullanılmıştır.

Konumsal ayrıklaştırma, ağ bağımsızlığı analizinden sonra tanımlanmıştır. 0.001 m, 0.05 m ve 0.1 m hücre boyunda üç farklı ayrıklaştırma seviyesi test edilmiştir.

Hesaplanan sonucunda uçurulan nemin akış süresince değişimi 10 s gerçek zamanlı simülasyon ile değerlendirilmiştir.

Literatüre göre, uçurulan nem miktarı ve partikülün tambur içerisinde kalma süresi hesaplanmıştır (Adapa vd., 2005; Rezaei vd., 2022; Tarhan vd., 2010). Çizelge 3 ve 4'te eleman ağı kalite metrikleri, hesaplama süresi ve yakınsama değerleri verilmiştir. Yakınsama kıyaslamasında sadece süreklilik denkleminin yakınsama değeri dikkate alınmıştır. Çünkü en az yakınsayan budur. Yani eğer süreklilik denklemi yakınsamış ise, diğerleri zaten yakınsamış demektir.

Bu çalışmada döner tamburlu kurutucunun akış bölgesinin ayrıklaştırılmasında Ansys© CFD (DeSalvo ve Swanson, 1985) tasarım analiz programını kullanmış, hegzahedral mesh yöntemleri (sweep, multizone, hex-dominant) ve poly elemanların kaliteleri değerlendirilmiştir.

Çizelge 3. Izgara hücre değerleri ve hesaplama süresi

	<b>Ayrıklaştırma süresi (sn)</b>	<b>Düğüm noktası sayısı</b>	<b>Element</b>	<b>Hesaplama süresi</b>
Hekzahedral (Oto mesh)	2	10140	9344	05 dak 20 sn
Tetragonal	6	10282	24980	07 dak 18 sn
Hekzahedral (Multizone metodu)	5	8515	7680	04 dak 55 sn
Hekzahedral	3	11050	10240	05 dak 03 sn
POLYMESH	12	30550	76237	21 dak 17 sn



Çizelge 4. Izgara kalite ölçütleri

	<i>Mesh kalite metrikleri</i>			<i>Yakınsama (*) (residual)</i>
	<b>Maks çarpıklık</b>	<b>Min Orthogonal kalite</b>	<b>Maks en/boy oranı</b>	
<i>Hekzahedral (Oto mesh)</i>	0.49029	0.85199	6.6577	1e-3
<i>Tetragonal</i>	0.80846	0.19154	9.1435	1e-3
<i>Hekzahedral (Multizone metodu)</i>	0.3564	0.9454	6.1722	1e-3
<i>Hekzahedral</i>	0.38936	0.72877	6.7461	8e-4
<i>POLYMESH</i>	0.4188564	0.58114359	7.2355873	1e-3

(\*) Süreklilik denkleminin yakınsaması

### 3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

#### 3.1. Mesh bağımsızlığı analizi

Hesaplanan uçurulan nemin akış süresince değişimi (kütleli ortalama), 10 saniyelik simülasyon ile değerlendirilmiştir. Elde edilen değerler Çizelge 5' te verilmiştir. Tüm eleman tipleri için 0.05m boyut seçilmiştir.

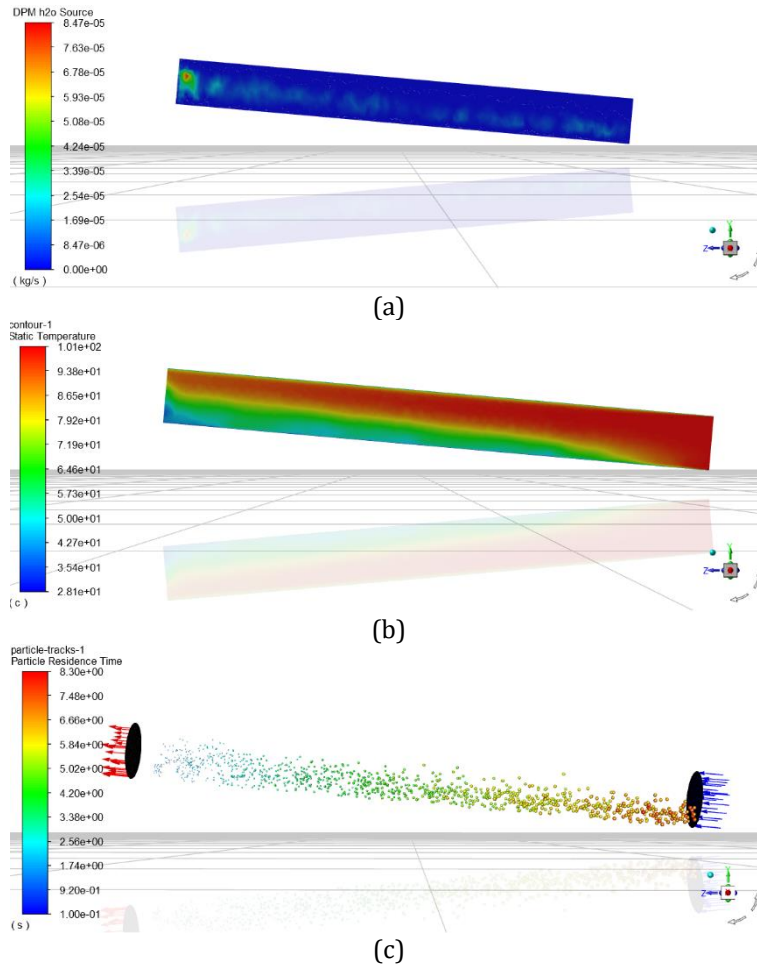
Çizelge 5. Uçurulan nemin akış süresince değişimi (kütleli ortalama)

<i>Modeller</i>	<i>Hücre boyu (m)</i>	<i>Değer (kg)</i>	<i>Tamburda kalma süresi (sn.)</i>	<i>Uçurulan ortalama nem (gr/sn)</i>
<i>Mesh-1</i>	0,1	0,0078	7,6...9,7	0,80...1,03
<i>Mesh-2</i>	0,05	0,0075	7,6...9,7	0,77...0,987
<i>Mesh-3</i>	0,001	0,0075	7,6...9,7	0,77...0,987

#### 3.2. Nem, sıcaklık, kalma süresi sonuçları

Polyhedral elemanlar kullanıldığında elde edilen; uçurulan nem miktarı, bu esnada tambur içerisindeki nem dağılımı ve parçacık kalış süresi sonuçları Şekil 2 de verilmiştir.

Şekillerde gösterilen sonuçlar, hesaplamaların son adımının son iterasyonundaki değerlerdir. Hesaplanan uçurulan nemin akış süresince değişimi (kütleli ortalama), 10 saniyelik simülasyon ile değerlendirilmiştir.



Şekil 2. (a) Nem transferi (b) Sıcaklık dağılımı (c) partikül kalış süresi

Şekle göre, parçacıklar 8.3 saniye boyunca tambur içerisinde kalmaktadır. Sıcaklık dağılımı, partikül ile hava arasındaki ısı transferini açıkça göstermiştir. Partikül, enjekte edildiği yüksek uçta en nemli duruma sahipken, tamburu terketirken nemini bırakmaktadır ancak hala üzerinde nem kalmaktadır.

Diğer eleman tipleri kullanıldığında elde edilen değerler Çizelge 6 da verilmiştir.

Çizelge 6. Nem transferi, sıcaklık dağılımı, partikül kalış süresi hesaplamaları

	Nem transferi	Sıcaklık dağılımı	Kalış süresi (sn)
Hekzahedral (Oto mesh)			8.8
Tetragonal			9.7
Hekzahedral (Multizone)			9.7
Hekzahedral (sweep)			7.6
Polymesh			8.3

### 3.3. Modelin Doğrulaması

Model doğrulaması için, literatürden toplanan veriler (Çizelge 7), mevcut çalışmadaki partikül kalış süresi ile kıyaslanmıştır. Model, ortalama 8.3 s'lik bir kalış süresi öngörmüştür. Literatürde yapılan çalışmalarda kullanılan parametrelerinin çoğu farklı olduğundan ve en önemlisi, literatürde test edilen tamburların boyutları oldukça farklı olduğundan, yayınlanan sayıların modeli doğrulamak için zorlukla kullanılabilirliğini göstermektedir. Yayınlanmış literatürün çoğu, 2-3 m'den daha kısa olan küçük ölçekli tamburlardan veri bildirmiştir. Ayrıca kanatların kalma süresi üzerinde önemli bir etkisi vardır. Çalışmaların çoğu, kalış özelliklerini düzgün bir şekilde bildirmemiştir. Test için kullanılan malzemeler genellikle açıkça tanımlanmamıştır. Literatürde bildirilen verilerin model doğrulaması için uygun olmadığı görülmektedir.

Çizelge 7. Partiküllerin tambur içerisinde kalma süresi

Özellikler	(Perazzini vd., 2014)	(Duchesne vd., 1996)	(Song vd., 2003)	(Huang vd., 2015)	(Renaud vd., 2001)	(Sai, 2013)	(Lisboa vd., 2007)
Malzeme	Narenciye katı atık	Çinko konsantresi	Kum	Mısır	-	Kum	Gübre
Ortalama parçacık boyutu (Kaveh vd.)	-	-	0.45	-	0.3	1.0-1.25	2.76
Parçacık küreselliği	Parçacık şekli ile ilgili herhangi bir veri sağlanmamıştır.						
Partikül yoğunluğu (kg/m <sup>3</sup> )	3330	-	1650	-	1445	-	1100
İlk nem içeriği (%)	85	15-17	-	-	0-12	3-8	-
Tambur uzunluğu ve çapı (m)	L = 2.7 D = 0.4	L=15 D = 2	L = 3 D = 0.3	L = 1.8 D = 0.4	L = 3 D = 0.3	L = 1 D = 0.1	L = 0.6 D = 0.2
Tambur eğimi (derece)	-	5	0 ve 10	1.8 ve 5	6.3	2.7-4.2	-
Dönme hızı (rpm)	6	1.5-5.8	2-10	3-6	7	4-12	2.5-5.
Dönme hızı (rad/s)	0.63	0.16-0.61	0.21-1.05	0.31-0.63	0.73	0.42-1.26	0.26-0.52
Hava hızı (m/s)	1	-	2.6	2.1	-	-	-
Kanat özellikleri	-	Altı düz bölme, tambur ile 90°	Dokuz düz bölme, tambur ile 90°	Beş dikdörtgen bölme, tambur ile 90°	Düz bölmeler, tambur ile 75°-150°.	-	4 ve 7 düz bölme, tambur ile 90°
Kalış süresi (dk)	36.9-48.0	16.7	3.0-5.0	0.4-2.2	3.3-13.3	110-380	5-8

## 4. SONUÇ

Çalışmada içi boş (kanatsız) döner gübre kurutma silindirinde zıt yönlü gübre-hava akışı eş zamanlı ısı ve kütle transferi sonucu sıcaklık, nem dağılımı, tamburda kalma analizleri için gerekli mesh optimizasyonunda bu problemdeki silindir katı modeli için farklı mesh metotları kalite kriterlerine göre değerlendirilmiş, polyhedral mesh yapısının analiz sonucuna etkileri görülmüştür.

Özellikle bu çalışmaya en uygun mesh metotlarının hexa-mesh yapısına sahip multizone ve sweep mesh yöntemleridir. Kalite kriterleri yönünden multizone mesh daha iyi, sonuca yakınsama hassasiyeti yönünden sweep mesh daha iyidir.

Diğer mesh yöntemlerine göre polymesh yapısı mesh düğüm sayısı 2,76-3,58 kat, eleman sayısı 3,05-9,93 kat daha fazladır. Bu düğüm ve eleman sayılarına rağmen kalite kriterleri tetramesh ve oto-mesh yapısına göre daha iyidir. Özellikle tüm kalite kriterleri bakımından polymesh ağ yapısının tetramesh ağ yapısından daha iyidir.

Bu çalışmada ele aldığımız silindir katı model basit bir topolojiye sahiptir. Bu modellerde hexa-mesh yöntemleri ile en iyi mesh kalitesi ve buna bağlı olarak parametre sonuçlarını elde edebiliriz. Geometride karmaşıklık arttıkça tetramesh mesh

elemanı kullanma zorunluluğu artar. Bazen tetramesh elemanları ile kalite sınırları içerisinde bir mesh yapısı oluşturamayız. Bu durumda polymesh yapısı ile hatalı mesh yapıları düzeltilerek analiz süresi ve hassasiyeti bakımından istediğimiz sonuçları elde ederiz. Polymesh yapısı hex-dominant arı peteği şeklinde ağ yapısından oluşan şu ana kadar gelişmiş en zor yapılar için en uygun mesh yöntemidir.

Bu mesh yapısı ile bu çalışma için kalite sınırları ve uygun hassasiyet elde edilse bile bu yapıya hex-mesh yapıları daha uygun olduğu açıktır. Tetramesh elemanlı mesh yapılarının oluşturulmadığı analizlerde hata veren yapılar için bu yöntemin kullanılması daha uygundur.

Uygun mesh yöntemi seçilmesi ile birlikte pahalı bilgisayar gereksinimlerine gerek kalmadan hassa ve doğruluğu yüksek sonuçlar elde edilebilecektir. Bu da bilimsel camia da kıt imkânlarla temin edilebilen mevcut bilgisayarların kullanımı ile güvenle analiz yapılabileceği anlamına gelmektedir.

## KAYNAKLAR

- Adapa, P. K., Schoenau, G. J., ve Arinze, E. A. (2005). Fractionation of Alfalfa into Leaves and Stems using a Three Pass Rotary Drum Dryer. *Biosystems Engineering*, 91(4), 455-463. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2004.12.003>
- Chen, H., Zhou, X., Feng, Z., ve Cao, S.-J. (2021). Application of polyhedral meshing strategy in indoor environment simulation: Model accuracy and computing time. *Indoor and Built Environment*, 1420326X211027620. doi: [10.1177/1420326X211027620](https://doi.org/10.1177/1420326X211027620)
- DeSalvo, G. J., ve Swanson, J. A. (1985). *ANSYS engineering analysis system user's manual*. Houston, Pa: Swanson Analysis Systems.
- Duchesne, C., Thibault, J., ve Bazin, C. (1996). Modeling of the Solids Transportation within an Industrial Rotary Dryer: A Simple Model. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 35(7), 2334-2341. doi: [10.1021/ie950625j](https://doi.org/10.1021/ie950625j)
- Huang, Z.-G., Weng, Y.-X., Fu, N., Fu, Z.-Q., Li, D., ve Chen, X. D. (2015). Modeling the Total Residence Time in a Rotary Dryer. *International Journal of Food Engineering*, 11(3), 405-410. doi: [doi:10.1515/ijfe-2014-0333](https://doi.org/10.1515/ijfe-2014-0333)
- Kaveh, M., Abbaspour-Gilandeh, Y., ve Nowacka, M. (2021). Optimisation of microwave-rotary drying process and quality parameters of terebinth. *Biosystems Engineering*, 208, 113-130. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2021.05.013>
- Korkmaz, C., ve Kacar, İ. (2021). Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği Simülasyonları İçin Optimum Eleman Ağ Yapısının Belirlenmesi *Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Üzerine Güncel Araştırmalar*. Yenişehir/Ankara: Akademisyen Kitabevi
- Lisboa, M., Vitorino, D., Delaiba, W., Finzer, J. R., ve Barrozo, M. (2007). A study of particle motion in rotary dryer. *Brazilian Journal of Chemical Engineering - BRAZ J CHEM ENG*, 24. doi: [10.1590/S0104-66322007000300006](https://doi.org/10.1590/S0104-66322007000300006)
- Marimuthu, S., ve Chinnathambi, D. (2021). Computational analysis to enhance the compressible flow over an aerofoil surface. *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*, 93(5), 925-934. doi: [10.1108/AEAT-06-2020-0122](https://doi.org/10.1108/AEAT-06-2020-0122)
- Murua, I. A. (2019). Energizing Generator Designs. *ANSYS Advantage*(2), 36-40.
- Perazzini, H., Freire, F. B., ve Freire, J. T. (2014). Prediction of Residence Time Distribution of Solid Wastes in a Rotary Dryer. *Drying Technology*, 32(4), 428-436. doi: [10.1080/07373937.2013.835317](https://doi.org/10.1080/07373937.2013.835317)
- Renaud, M., Thibault, J., ve Alvarez, P. I. (2001). INFLUENCE OF SOLIDS MOISTURE CONTENT ON THE AVERAGE RESIDENCE TIME IN A ROTARY DRYER. *Drying Technology*, 19(9), 2131-2150. doi: [10.1081/DRT-100107491](https://doi.org/10.1081/DRT-100107491)
- Rezaei, H., Lim, C. J., ve Sokhansanj, S. (2022). A computational approach to determine the residence time distribution of biomass particles in rotary drum dryers. *Chemical Engineering Science*, 247, 116932. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ces.2021.116932>
- Roberts, J., Wypych, P., Hastie, D., ve Liao, R. (2021). Analysis and validation of a CFD-DPM method for simulating dust suppression sprays. *Particulate Science and Technology*, 1-12. doi: [10.1080/02726351.2021.1951907](https://doi.org/10.1080/02726351.2021.1951907)
- Sai, P. S. T. (2013). Drying of Solids in a Rotary Dryer. *Drying Technology*, 31(2), 213-223. doi: [10.1080/07373937.2012.711406](https://doi.org/10.1080/07373937.2012.711406)
- Song, Y., Thibault, J., ve Kudra, T. (2003). Dynamic Characteristics of Solids Transportation in Rotary Dryers. *Drying Technology*, 21(5), 755-773. doi: [10.1081/DRT-120021685](https://doi.org/10.1081/DRT-120021685)
- Sosnowski, M., Gnatowska, R., Sobczyk, J., ve Wodziak, W. (2018). Numerical modelling of flow field within a packed bed of granular material. *Journal of Physics: Conference Series*, 1101, 012036. doi: [10.1088/1742-6596/1101/1/012036](https://doi.org/10.1088/1742-6596/1101/1/012036)
- Sosnowski, M., Krzywanski, J., Grabowska, K., ve Gnatowska, R. (2018). Polyhedral meshing in numerical analysis of conjugate heat transfer. *EPJ Web Conf.*, 180, 02096.
- Tarhan, S., Telci, İ., Tuncay, M. T., ve Polatci, H. (2010). Product quality and energy consumption when drying peppermint by rotary drum dryer. *Industrial Crops and Products*, 32(3), 420-427. doi: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2010.06.003>
- Thomas, M. L., ve Longest, P. W. (2022). Evaluation of the polyhedral mesh style for predicting aerosol deposition in representative models of the conducting airways. *Journal of Aerosol Science*, 159, 105851. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jaerosci.2021.105851>
- Wang, W., Cao, Y., ve Okaze, T. (2021). Comparison of hexahedral, tetrahedral and polyhedral cells for reproducing the wind field around an isolated building by LES. *Building and Environment*, 195, 107717. doi: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.107717>
- Xia, Y., Verma, I., Stopford, P., ve Sharkey, P. (2021). *GT2021-59100 Dynamic Mesh Adaption For Scale-resolving Reacting Flow Simulations*.
- Zhang, H., Tang, S., Yue, H., Wu, K., Zhu, Y., Liu, C., Liang, B., ve Li, C. (2020). Comparison of Computational Fluid Dynamic Simulation of a Stirred Tank with Polyhedral and Tetrahedral Meshes. *Iranian Journal of Chemistry and Chemical Engineering (IJCCE)*, 39(4), 311-319. doi: [10.30492/ijcce.2019.34950](https://doi.org/10.30492/ijcce.2019.34950)
- Zore, K., Sasanapuri, B., Parkhi, G., ve Varghese, A. (2019). *ANSYS MOSAIC POLY-HEXCORE MESH FOR HIGH-LIFT AIRCRAFT CONFIGURATION*.

## Niğde İli ve İlçelerindeki Tarımsal Yapı, Üretim Özellikleri ve Mekanizasyon Durumunun İncelenmesi

### Investigation of Agricultural Structure, and Production Characteristics and Mechanization Status in Niğde Province and Districts

Yaşar Serhat Saygılı<sup>1,\*</sup>, Bülent Çakmak<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesi, Biyosistem Bölümü, Niğde, Türkiye.

<sup>2</sup> Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye.

\* Corresponding author (Sorumlu Yazar): Y. S. Saygılı, e-mail (e-posta): [serhatsaygili@ohu.edu.tr](mailto:serhatsaygili@ohu.edu.tr)

#### Makale Bilgisi

Alınış tarihi : 23 Eylül 2021  
Düzeltilme tarihi : 08 Kasım 2021  
Kabul tarihi : 22 Kasım 2021

#### Anahtar Kelimeler:

Tarımsal Üretim  
Tarımsal Mekanizasyon  
Traktör  
Biçerdöver  
Tarım Makineleri

#### ÖZET

Bu çalışmada, 2004 – 2020 yılları arasında Niğde ili ve ilçelerinin tarımsal üretim alanları, traktör ve tarım makinaları varlığı incelenmiştir. Çalışmada, Türkiye İstatistik Kurumu (TUIK) resmi internet sayfasından alınan, Niğde ve ilçelerine ait tarımsal alan, tarımsal üretim, traktör ve tarım makinalarına ait istatistiksel verileri kullanılmıştır. Tarımsal mekanizasyon düzeyinin belirlenmesinde; traktör başına tarım alanı (ha/traktör), 1000 hektar tarım alanına düşen traktör sayısı (traktör/1000 ha), birim alana düşen traktör gücü (kW/ha) ve ortalama traktör gücü (kW) verileri kullanılmıştır. Bu gruplar altında il ve ilçelere ait veriler ayrı ayrı incelenmiştir. Niğde ili, Türkiye'deki toplam tarımsal alanların %1,19'unu oluşturmaktadır. Üretilen ürünlerin alanlara göre dağılımları ise, %16,58 kuru fasulye, %14,38 çavdar, %13,80 lahana, %13,76 elma, %12,35 patates, %3,75 yulaf, %3,16 kiraz ve %0,97 buğday olarak hesaplanmıştır. Altınhisar ilçesi tahılların yoğun olarak üretiminin gerçekleştirildiği ilçedir. Bu ilçede, biçerdöverlerin yaş aralığı 0-5 yaş ile en düşük seviyede bulunmuştur. Bor, şeker pancarı (%79,90) ve sebze üretiminin yoğun olduğu, örtü altı tarımın yaklaşık %95'inin yapıldığı ilçe konumundadır. Çamardı ilçesi sahip olduğu tarım makinaları sayısı ile en düşük orana sahip ilçedir. En düşük tarım alanına sahip ilçe Çiftlik olurken; tarım alanı, traktör sayısı ve tarım makineleri sayısı bakımından Merkez ilçe birinci sıradadır. Merkez ilçede biçerdöverler 5-20 yaş aralığında dağılmakta ve ilçede 70 BG üzerinde traktör yer almamaktadır. Ulukışla ilçesi, en çok sayıda ve en yaşlı (11 yaş ve üzeri) biçerdöverlere sahiptir. Ayrıca 70 BG üzeri traktör sayısı en fazla olan ilçe konumundadır. Niğde ilinin tarımsal mekanizasyon düzeyi göstergeleri; 15,10 traktör/ha, 66,20 traktör/1000 ha değerine, birim alana düşen traktör gücü 1,79 kW/ha ve ortalama traktör gücü 36,91 kW olarak belirlenmiştir.

#### Article Info

Received date : 23 September 2021  
Revised date : 08 November 2021  
Accepted date : 22 November 2021

#### Keywords:

Agricultural Production  
Agricultural Mechanization  
Tractor  
Combine Harvester  
Agricultural Machinery

#### ABSTRACT

In this study, agricultural production areas, tractors and agricultural machinery of Niğde and its districts between 2004 and 2020 were examined. In the study, statistical data of agricultural land and production, tractors and agricultural machinery belonging to Niğde and its districts, taken from the official website of the Turkish Statistical Institute (TUIK), were used. In determining the level of agricultural mechanization, agricultural area per tractor (ha/tractor), number of tractors per 1000 hectares of agricultural land (tractor/1000 ha), tractor power per unit area (kW/ha) and average tractor power (kW) data were used. Under these groups, the data belonging to the Niğde, and districts were examined separately. Niğde province constitutes 1.19% of the total agricultural land in Turkey. The distribution of the products produced according to the areas was calculated as, 16.58% dried beans, 14.38% rye, 13.80% cabbage, 13.76% apples, 12.35% potatoes, 3.75% oats, 3.16% cherries and 0.97% wheat. Altınhisar is the district where grains are produced intensively. In this district, the age range of combine harvesters was found to be at the lowest level with 0-5 years. Bor is a district where sugar beet (79.90%) and vegetable production are intense and approximately 95% of greenhouse agriculture is made. Çamardı has the lowest rate with the number of agricultural machinery. While the district with the lowest agricultural area is Çiftlik; Central district is in the first place in terms of agricultural area, number of tractors and number of agricultural machinery. Combine harvesters in the Merkez are distributed between the ages of 5-20 and there are no tractors over 70 HP in the district. Ulukışla district has the most and the oldest (11 years and above) combine harvesters. Ulukışla is also the district with the highest number of tractors over 70 HP. Agricultural mechanization level indicators of Niğde province; 15.10 tractors/ha were determined as 66.20 tractors/1000 ha, the tractor power per unit area was determined as 1.79 kW/ha and the average tractor power was determined as 36.91 kW.

## 1. GİRİŞ

Artan dünya nüfusuna bağlı olarak insanların en temel ihtiyaçlarının başında gelen beslenme gereksinimi geçmişten günümüze sürekli artmaktadır. Gereksinimlerin karşılanabilmesi için oluşan bu talebin dünya üzerinde bulunan kısıtlı imkanlarla sağlanması gerekmektedir. Eldeki kısıtlı imkanların en etkin şekilde kullanılması için, verim ve kalitenin artırılması gerekliliği kaçınılmaz bir gerçektir. Daha yüksek verimliliğe sahip ürünlerin yetiştirilebilmesi için ise yenilikçi teknolojilerin yaygınlaşması; tarımsal üretim girdilerinin etkili kullanımını sağlamakla birlikte, verimliliğin artması bakımından büyük öneme sahiptir (Altıkat ve Çelik, 2009; Bayramoğlu, 2010; Baran ve ark., 2014; Bilim ve ark., 2014).

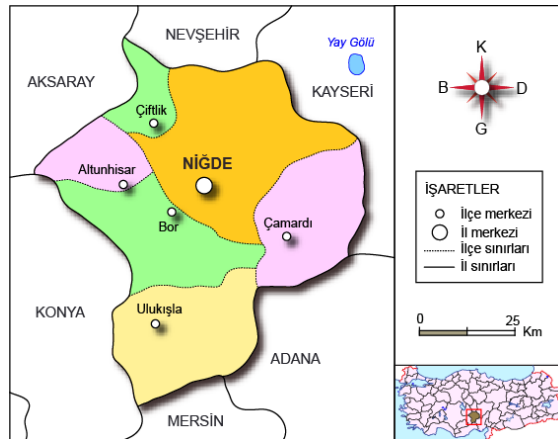
Tarımsal mekanizasyon düzeyleri, bölgelerin ekonomik durumları, altyapı ve teknik olanaklarına göre değişkenlik göstermektedir (Abdikoğlu, 2019; Kaya ve Örs, 2020). Tarımsal üretimde kullanılan temel güç kaynağı traktördür (Gökdoğan, 2013; Eryılmaz ve ark., 2013). Bu sebeple, ülkelerin, bölgelerin, illerin veya ilçelerin tarımsal mekanizasyon düzeyinin belirlenmesinde kullanılan en önemli ölçüt; birim alana düşen traktör gücü (kW/ha) olmaktadır. Bu ölçütün yanı sıra 1000 hektar başına düşen traktör sayısı (1000 ha/traktör) ve traktör başına düşen alan (ha/traktör)'da önemli diğer faktörler arasında yer almaktadır. Bu ölçütlerin tamamı tarımsal mekanizasyon düzeyini ortaya koymaktadır (Koçtürk ve Onurbaş Avcioğlu, 2007; Akar ve Çelik, 2017; Arslantürk ve Altuntaş, 2017; Akar ve ark., 2020).

Tarımsal mekanizasyon düzeyinin ülkemizdeki durumunun belirlenebilmesi için; Türkiye geneli, farklı bölgeler, il ve ilçe düzeyi olmak üzere birçok araştırma yapılmıştır. Teknolojinin sürekli gelişmesi ve yeni tekniklerin bulunmasıyla birlikte tarımsal üretimde traktör ve makine kullanımının yaygınlaşması sonucu verilerin güncellenmesi amacıyla bu tür araştırmalar yapılmaya devam etmektedir (Işık ve Atun, 1998; Yıldız ve Erkmen, 2004; Sessiz ve ark., 2006; Gökdoğan, 2013; Baran ve ark., 2014; Eryılmaz ve ark., 2014; Sessiz ve ark., 2014; Korucu ve ark., 2015a; Korucu ve ark., 2015b; Altuntaş, 2016; Bozkurt ve Aybek, 2016; Sağlam ve Kuş, 2016; Comart ve Akıncı, 2017; Özpınar ve Ürkmez, 2017; Arslantürk ve Altuntaş, 2018; Bal ve Altuntaş, 2018; Semerci, 2019; Akar ve ark., 2020; Aybek ve ark., 2020; Berk ve Keskin, 2020; Kaya ve Örs, 2020; Malaslı ve ark., 2020).

Bu çalışmada Niğde ili ve ilçeleri özelinde tarımsal üretim profilinin tanımlanması ve kullanılan traktör ve tarım makinalarının istatistiksel verilerine göre tarımsal mekanizasyon düzeyinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada da Niğde ili ve ilçelerindeki tarımsal üretim alanları, üretilen ürünler, üretim aşamasında kullanılan traktörler ve tarım makinaları incelenmiş ve değerlendirilmiştir. Niğde ili, İç Anadolu Bölgesinde, kuzeyinde Nevşehir, kuzeybatısında Aksaray, batısında Konya, güneyinde Mersin ve Adana, doğusunda ise Kayseri illeri ile komşu, merkezi Niğde kenti olan idari birimdir. Niğde ili, Altunhisar, Bor, Çiftlik, Merkez ve Ulukışla olmak üzere altı ilçeden, 23 belden ve 131 köyden oluşmaktadır (Şekil 1). Rakımı 1.229 m ve yüz ölçümü 7325 km<sup>2</sup> olan Niğde ilinin 2020 yılı adrese dayalı verilerine göre nüfusu 362.071 kişidir (TÜİK, 2021a).



Şekil 1. Niğde ili ve ilçeleri (Niğde il haritası, 2021).

Türkiye yüz ölçümünün %0,93'ünü oluşturan Niğde İli ve İlçeleri tarım alanları açısından bakıldığında %1,19 oranına sahiptir (TÜİK, 2021b). Niğde ilinin yıllık ortalama yağış miktarı Niğde ili için 344,5 mm'dir ve yağışlı mevsim Kasım ve Mayıs ayları arasındaki zaman diliminde yer almaktadır. Mayıs ayı 48,9 mm değeri ile en yağışlı ay olurken Temmuz ayı 5,2 mm değeri ile en kurak aydır. Türkiye'nin yıllık ortalama yağış miktarı 632,7 mm'dir ve mevcut yıllık ortalama yağış miktarı ile Niğde ili, Türkiye ortalamasının yarısından biraz daha fazla yağış alabilmektedir (MGM, 2021). Tarım alanları bakımından yeterli alana sahip olmasına rağmen mevcut yağış koşulları ve su kaynaklarının az oluşu nedeniyle kuru tarım yaygındır.

Çalışmanın materyalini Türkiye İstatistik Kurumu'ndan alınan 2004-2020 yılları arasında Niğde ili ve ilçelerinde tarımsal üretim alanları, tarımsal üretim miktarları, tarımsal üretim faaliyetlerinde kullanılan traktörler ve tarım makinalarına ait istatistik verileri oluşturmaktadır. Araştırmada Niğde iline ait tarım alanlarının, tarımsal üretim değerlerinin, mevcut traktörün ve tarım makinalarının nicel değerleri kullanılmıştır.

### 3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

#### 3.1. Niğde ili ve ilçelerinin Tarım Alanları ve Dağılımları

Türkiye'nin İç Anadolu Bölgesinin güneydoğusunda, Kapadokya bölgesinde yer alan Niğde ili güneyde Bolkar Dağları, doğu ve güneydoğuda ise Aladağlarla çevrilmiştir. Genel olarak İç Anadolu Bölgesinde yer alan Niğde ilinin Çamardı ve Ulukışla ilçeleri ise Akdeniz Bölgesinde yer almaktadır. Niğde ili ve ilçelerinin 1. Derece geçim kaynağını tarımsal üretim ve hayvancılık sektörü oluşturmaktadır, tarımsal üretimin il ekonomisindeki katkı oranı %38'dir (Niğde Belediyesi, 2021).

Niğde ili ve ilçelerine ait tarımsal üretim alanları Çizelge 1'de verilmiştir. Merkez ilçe, toplam tarım alanlarının %34,07 değerinde en yüksek oranına sahipken, bu ilçeyi sırasıyla Bor %20,48, Çamardı %18,09, Ulukışla %12,29, Altunhisar %9,06 ve Çiftlik ilçesi %6,01 oranları izlemektedir.

Çizelge 1. Niğde ili ve ilçeleri tarım alanları dağılımı (TÜİK, 2021b).

Yıl	Tarım alanı (dekar)					
	Altunhisar	Bor	Çamardı	Çiftlik	Merkez	Ulukışla
2004	243110	558850	501060	167700	932320	328160
2005	243240	563130	498670	163430	927620	312240
2006	240062	554931	491412	160921	907769	327246
2007	235203	552229	486289	159131	891469	327011
2008	235649	543702	487625	160058	899302	311718
2009	234812	551865	485667	158817	886832	322106
2010	237811	558860	489074	161634	892495	331029
2011	240898	561622	492059	162162	910379	330129
2012	253498	568628	492455	177509	978761	431836
2013	249368	578828	508943	170573	930033	341615
2014	250405	578183	505126	167478	947374	338016
2015	251674	582173	510704	165463	936134	336955
2016	250035	576421	503570	159551	908677	331568
2017	244803	569315	493240	163850	926434	327728
2018	245458	568128	495363	167386	920813	333657
2019	247185	567095	497857	171017	934666	334856
2020	249896	564735	498791	165680	939704	338992

Niğde ili ve ilçelerine ait üretilen ürün gruplarına göre ayrılmış tarımsal üretim alanları Çizelge 2'de verilmiştir. Niğde ilinde toplam tarım alanı içerisinde 167.086 ha (%60,58) ile tahıllar ve diğer bitkisel ürünlerin üretim alanı ilk sırada yer alırken 8.831,9 ha (%3,2) ile sebze yetiştirilen alanlar son sırada yer almaktadır (TÜİK, 2021b). Süs bitkileri üretimi sulama olanaklarının kısıtlılığı ve karasal iklim koşulları sebebiyle yapılmamaktadır. Diğer üretilen ürünler incelendiğinde nadasa bırakılan alanların oranı %24,50 ve meyveler, içecek ve baharat bitkileri üretilen alanlar %11,70 oranındadır.

Çizelge 2. Niğde ilinde üretilen ürünlere göre tarım alanları dağılımı (TÜİK, 2021b).

Yıl	Tarım Alanları (Dekar)							
	Tahıllar ve diğer bitkisel ürünler	Meyveler, içecek ve baharat bitkileri	Nadas	Sebze	Süs bitkileri	Örtüaltı sebze	Örtüaltı meyve	Örtüaltı süs bitkileri
2004	1669940	281500	732470	47290	0	0	0	0
2005	1658340	272690	729880	47420	0	0	0	0
2006	1649461	286910	697400	48570	0	0	0	0
2007	1628382	286250	688210	48490	0	0	0	0
2008	1542094	289620	755860	50480	0	0	0	0
2009	1536989	292070	758100	52940	0	0	0	0
2010	1594883	294000	727530	54490	0	0	0	0
2011	1624769	291190	725780	55510	0	0	0	0
2012	1735224	299742	809860	57861	0	0	0	0
2013	1626468	302104	795448	55340	0	0	0	0
2014	1600648	309240	819614	57080	0	0	0	0
2015	1614323	320380	782480	65920	0	0	0	0
2016	1580816	328020	754176	66810	0	0	0	0
2017	1601521	330749	722690	70410	0	0	0	0
2018	1603022	334033	719800	73950	0	0	0	0
2019	1614236	323720	732520	82200	0	0	0	0
2020	1670864	322740	675875	88319	0	19	0	0



### 3.2. Niğde İli ve İlçelerinde Üretilen Tarımsal Ürünler ve Dağılımları

Niğde ili ve ilçelerinde üretilen tarımsal ürünlerden tahıllar ve diğer bitkisel ürünler alt başlığına ait değerler Çizelge 3'te verilmiştir. Tahıllar ve diğer bitkisel ürünler alt grubunda Niğde ili ve ilçelerinde yetiştirilen ürünler incelendiğinde buğday, arpa, yulaf ve çavdar gibi tahılların, patates ve şeker pancarı gibi yumru bitkilerinin, kuru fasulye, nohut ve yeşil mercimek gibi bakliyat türlerinin ve hayvan yemi olarak kullanılmak üzere yetiştirilen fiğ, yonca gibi yeşil otların ağırlıkta olduğu görülmektedir. Yıllar içerisinde ürün yetiştirilen tarım alanlarında ürün çeşitleri arasında çeşitli kaymalar olsa da Niğde ili ve ilçelerindeki tarımsal üretimin büyük bir bölümünü bu alt gruptaki ürünler oluşturmaktadır.

Çizelge 3. Niğde ili ve ilçelerinde tahıllar ve diğer bitkisel ürünlerin üretim alanları dağılımı (dekar) (TÜİK, 2021c).

<b>Buğday (Durum Buğdayı + Durum Buğdayı Hariç)</b>							<b>Arpa (Biralık + Diğer)</b>						
İLÇE	2004	2009	2014	2018	2019	2020	İLÇE	2004	2009	2014	2018	2019	2020
AL.	81220	76584	80894	75592	77253	82957	AL.	19010	17871	18599	14456	14748	13702
BOR.	139560	82328	102896	82121	83670	90774	BOR.	48490	66078	64260	54601	54550	52589
ÇAM.	110440	87034	102993	112596	110100	116188	ÇAM.	40890	34373	38498	41656	38565	35661
ÇİFT.	28710	44823	49778	45602	49383	50467	ÇİFT.	3020	5007	4220	4712	4801	4403
MER.	406100	374163	331751	267058	275640	268715	MER.	42020	50328	54237	56892	58600	57211
ULU.	41050	37472	49498	57342	58131	63296	ULU.	87060	89248	87919	78802	79914	83524
TOP.	807080	702404	717810	640311	654177	672397	TOP.	240490	262905	267733	251119	251178	247090
<b>Çavdar</b>							<b>Yulaf</b>						
İLÇE	2004	2009	2014	2018	2019	2020	İLÇE	2004	2009	2014	2018	2019	2020
AL.	15930	14030	11962	7724	7455	6510	AL.	0	0	0	0	0	0
BOR.	15200	15300	20095	19737	21482	19000	BOR.	350	290	194	341	1032	950
ÇAM.	34230	33000	33085	40319	37622	32800	ÇAM.	17500	20370	19381	19110	17628	20600
ÇİFT.	35950	39300	38684	42441	43428	37100	ÇİFT.	100	210	194	145	155	190
MER.	24370	20850	18742	24392	27021	24630	MER.	10830	15280	15185	14757	15831	19810
ULU.	45510	40000	35630	34546	35242	30000	ULU.	50	50	0	809	826	950
TOP.	171190	162480	158198	169159	172250	150040	TOP.	28830	36200	34954	35162	35472	42500
<b>Fasulye, Kuru</b>							<b>Nohut, Kuru</b>						
İLÇE	2004	2009	2014	2018	2019	2020	İLÇE	2004	2009	2014	2018	2019	2020
AL.	1670	970	1060	1170	870	900	AL.	1600	650	1050	1750	942	882
BOR.	1250	1100	2570	1800	2200	2300	BOR.	8190	3950	4000	6300	4038	4410
ÇAM.	11530	9500	8440	8070	8100	9000	ÇAM.	18310	13380	13290	18290	15142	16092
ÇİFT.	2500	2410	2570	2760	2780	2880	ÇİFT.	500	470	570	650	530	540
MER.	17720	19430	41490	85389	106460	151170	MER.	12250	15020	24750	25150	16909	14670
ULU.	4040	4100	3910	4300	4170	4500	ULU.	10990	10500	9260	9350	7537	7902
TOP.	38710	37510	60040	103489	124580	170750	TOP.	51840	43970	52920	61490	45098	44496
<b>Patates (Tatlı Patates Hariç)</b>							<b>Şeker Pancarı</b>						
İLÇE	2004	2009	2014	2018	2019	2020	İLÇE	2004	2009	2014	2018	2019	2020
AL.	2050	8580	7260	7790	8240	8320	AL.	250	192	269	153	77	159
BOR.	360	490	3000	7000	9270	12300	BOR.	10970	16828	14751	10264	9751	12328
ÇAM.	2810	3350	2450	2280	2600	3000	ÇAM.	100	0	0	0	0	0
ÇİFT.	60250	29580	25450	34810	34990	35490	ÇİFT.	0	0	0	0	0	0
MER.	207650	153640	140850	150350	127940	122810	MER.	2920	8328	3949	3729	3352	1757
ULU.	0	0	650	760	810	900	ULU.	480	1300	1150	834	956	1185
TOP.	273120	195640	179660	202990	183850	182820	TOP.	14720	26648	20119	14980	14136	15429
<b>Yonca (Yeşil ot)</b>							<b>Mısır (Silaj)</b>						
İLÇE	2004	2009	2014	2018	2019	2020	İLÇE	2004	2009	2014	2018	2019	2020
AL.	3430	4140	5640	4980	5380	5500	AL.	290	700	2600	3670	3570	2990
BOR.	3750	10600	16298	19500	24130	24500	BOR.	1640	5400	10120	19330	17850	27300
ÇAM.	350	430	590	540	600	610	ÇAM.	50	390	360	350	500	520
ÇİFT.	260	300	579	740	750	760	ÇİFT.	410	470	1340	1110	1100	1200
MER.	5900	12150	25532	27830	28890	29400	MER.	2640	9130	17800	24050	26630	28710
ULU.	1410	1600	2325	2450	2480	2510	ULU.	100	180	880	1150	1180	1240
TOP.	15100	29220	50964	56040	62230	63280	TOP.	5130	16270	33100	49660	50830	61960

AL. Altınhisar, Bor. Bor, Çam. Çamardı, Çift. Çiftlik, Mer. Merkez, Ulu. Ulukışla, Top. Toplam.

Tahıllar ve diğer bitkisel ürünler alt grubunda Niğde ili ve ilçelerinde yetiştirilen ürünler incelendiğinde tahıllardan buğday, arpa, çavdar ve yulaf öne çıkmaktadır. Diğer bitkisel ürünler incelendiğinde ise; bakliyalardan fasulye (kuru), nohut (kuru) ve mercimek (kuru, yeşil) ile yumru bitkilerinden patates ve şeker pancarı üretiminin gerçekleştirildiği görülmektedir. Niğde ili ve ilçelerindeki tahıl ve diğer bitkisel ürünler grubundaki tarım alanları, Türkiye'deki üretim alanlarına oranlandığında, fasulye (kuru) %16,58, çavdar %14,38, patates %12,35, yulaf %3,75 ve buğday %0,97 (durum buğdayı %0,29, durum buğdayı dışı buğdaylar %1,14) değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Diğer ürünler ise %1'lik değerler altında yer almaktadır.

Niğde ili ve ilçelerinde üretilen tarımsal ürünlerden meyveler, içecekler ve baharat bitkileri alt başlığına ait değerler Çizelge 4'te verilmiştir. Niğde ilinde yetiştirilen meyveler, içecekler ve baharat bitkileri alt grubuna ait ürünler incelendiğinde meyvelerden elma, zerdali, kiraz, nektarin, armut, vişne, üzüm, ayva, şeftali ve kayısı, baharat bitkilerinden ise ceviz ve badem üretimi gerçekleştirildiği görülmektedir. Niğde ili ve ilçelerindeki üretim alanlarının Türkiye'deki üretim alanlarına oranı, elma için %13,76, zerdali için %8,10, kiraz için %3,16, nektarin için %1,42 ve armut için %1,04 değerlerine sahiptir. Diğer meyvelerin değerleri ise %1'in altında kalmaktadır. Ceviz ve badem incelendiğinde ise, sırasıyla %0,55 ve %0,21 değerleri görülmektedir.

Çizelge 4. Niğde ili ve ilçelerinde Meyveler, İçecekler ve Baharat Bitkileri üretim alanları dağılımı (dekar) (TÜİK, 2021c).

Üzüm (Sofralık, Çekirdekli + Şaraphık + Kurutmalık, Çekirdekli)							Elma (Golden + Starking+Amasya +Granny Smith + Diğer)						
İLÇE	2004	2009	2014	2018	2019	2020	İLÇE	2004	2009	2014	2018	2019	2020
AL.	8930	8300	8300	8414	4500	4500	AL.	8580	11780	9330	7650	7650	7660
BOR	14000	14000	14000	14353	11580	11580	BOR	39730	41850	41670	50600	50300	50920
ÇAM.	4600	4600	4600	4580	3110	3110	ÇAM.	51170	50820	52340	54420	54490	55010
ÇİFT.	1830	1840	1840	1796	1660	1660	ÇİFT.	2890	4740	4760	5010	5010	5010
MER.	9960	10010	10010	10186	9090	7910	MER.	68000	69430	82450	85160	84560	83480
ULU.	5720	5720	5720	5774	5540	5540	ULU.	28010	27610	30440	33020	33020	33070
TOP.	45040	44470	44470	45103	35480	34300	TOP.	198380	206230	220990	235860	235030	235150
Armut							Kayısı						
İLÇE	2004	2009	2014	2018	2019	2020	İLÇE	2004	2009	2014	2018	2019	2020
AL.	290	310	260	120	110	100	AL.	220	220	230	120	110	110
BOR	3620	3500	540	860	960	750	BOR	2150	2950	2570	2620	2200	1900
ÇAM.	200	250	350	680	650	650	ÇAM.	1250	1340	1480	1510	1500	1500
ÇİFT.	10	10	10	20	20	20	ÇİFT.	0	0	0	0	0	0
MER.	90	100	400	530	670	670	MER.	460	610	760	1170	1150	1160
ULU.	1100	1100	640	760	760	760	ULU.	1020	1030	1130	1210	1210	1210
TOP.	5310	5270	2200	2970	3170	2950	TOP.	5100	6150	6170	6630	6170	5880
Şeftali							Kiraz						
İLÇE	2004	2009	2014	2018	2019	2020	İLÇE	2004	2009	2014	2018	2019	2020
AL.	50	50	50	20	20	20	AL.	250	380	390	260	260	260
BOR	380	400	40	40	210	170	BOR	940	940	500	490	400	320
ÇAM.	90	150	250	300	290	290	ÇAM.	1890	2870	3790	4790	4790	4790
ÇİFT.	0	0	0	0	0	0	ÇİFT.	400	400	400	400	400	400
MER.	430	570	730	850	1130	1140	MER.	210	440	570	1140	1180	1190
ULU.	780	800	890	950	950	950	ULU.	14490	14940	16910	19110	19110	19180
TOP.	1730	1970	1960	2160	2600	2570	TOP.	18180	19970	22560	26190	26140	26140
Badem							Ceviz						
İLÇE	2004	2009	2014	2018	2019	2020	İLÇE	2004	2009	2014	2018	2019	2020
AL.	20	30	40	30	30	30	AL.	90	120	470	1030	1000	960
BOR	70	70	150	100	180	410	BOR	300	300	1940	2210	2370	2470
ÇAM.	0	0	30	40	90	90	ÇAM.	160	170	350	750	700	900
ÇİFT.	0	0	0	0	0	0	ÇİFT.	0	0	70	210	210	210
MER.	0	10	160	250	250	250	MER.	70	200	730	1630	1770	1780
ULU.	100	100	200	300	300	300	ULU.	480	500	710	1370	1370	1470
TOP.	190	210	580	720	850	1080	TOP.	1100	1290	4270	7200	7420	7790

AL. Altınhisar, BOR. Bor, ÇAM. Çamardı, ÇİFT. Çiftlik, MER. Merkez, ULU. Ulukışla, TOP. Toplam.

Niğde ili ve ilçelerinde üretilen tarımsal ürünlerden sebzeler alt başlığına ait değerler Çizelge 5'te verilmiştir. Sebzeler alt grubunda üretilen ürünlerin başlıcaları lahanana, domates, çerezlik kabak, barbunya (taze), fasulye (taze), kavun, kuru soğan gelmektedir. Türkiye'de üretim gerçekleştirilen alanlar ile Niğde ili ve ilçelerinde üretim gerçekleştirilen alanların oranlanması sonucunda beyaz yapraklı lahanana için %13,80, salçalık domates için %3,42, kırmızı lahanana için %1,92, çerezlik kabak için %1,65, barbunya (taze) için %1,48 ve fasulye (taze) için %1,01 değerleri hesaplanmaktadır. Diğer ürünler ise, %1'lik değerinin altında kalmaktadır.



Çizelge 5. Niğde ili ve ilçelerinde sebze üretim alanları dağılımı (dekar) (TÜİK, 2021c).

<b>Fasulye(Taze)</b>							<b>Barbunya(Taze)</b>						
İLÇE	2004	2009	2014	2018	2019	2020	İLÇE	2004	2009	2014	2018	2019	2020
AL.	440	270	100	120	110	100	AL.	80	170	120	120	90	100
BOR	920	910	200	280	200	190	BOR	730	650	50	0	0	0
ÇAM.	390	980	940	1100	1200	1170	ÇAM.	220	330	390	230	200	190
ÇİFT.	370	390	400	350	300	290	ÇİFT.	310	300	290	240	220	230
MER.	780	880	810	670	550	460	MER.	640	500	360	280	230	170
ULU.	2040	2000	1850	2130	2040	2000	ULU.	410	410	440	520	490	480
TOP.	4940	5430	4300	4650	4400	4210	TOP.	2390	2360	1650	1390	1230	1170
<b>Lahana (Beyaz)</b>							<b>Biber (Sivri)</b>						
İLÇE	2004	2009	2014	2018	2019	2020	İLÇE	2004	2009	2014	2018	2019	2020
AL.	0	10	10	0	0	0	AL.	0	30	70	0	0	0
BOR	4600	5000	5600	6900	7300	7500	BOR	620	700	520	1090	1300	2007
ÇAM.	0	0	50	20	10	10	ÇAM.	60	80	90	80	90	80
ÇİFT.	0	0	0	0	0	0	ÇİFT.	60	60	50	40	30	30
MER.	4530	6950	5250	7000	6900	7200	MER.	230	210	160	110	80	60
ULU.	2500	3600	3830	3980	4030	4110	ULU.	70	80	130	140	130	120
TOP.	11630	15560	14740	17900	18240	18820	TOP.	1040	1160	1020	1460	1630	2297
<b>Domates (Sofralık)</b>							<b>Domates (Salçalık)</b>						
İLÇE	2004	2009	2014	2018	2019	2020	İLÇE	2004	2009	2014	2018	2019	2020
AL.	0	210	130	0	0	0	AL.	0	0	400	910	1410	1710
BOR	0	1360	2250	6700	13500	1006	BOR	0	0	0	0	0	16000
ÇAM.	0	1040	1600	1300	1200	1180	ÇAM.	0	0	0	0	0	0
ÇİFT.	0	140	130	90	80	80	ÇİFT.	0	0	0	0	0	0
MER.	0	5670	5660	6190	5880	2550	MER.	0	0	0	0	0	3750
ULU.	0	500	710	860	830	810	ULU.	0	0	0	0	0	0
TOP.	0	8920	10480	15140	21490	5626	TOP.	0	0	400	910	1410	21460
<b>Kabak (Sakız)</b>							<b>Kabak (Çerezlik)</b>						
İLÇE	2004	2009	2014	2018	2019	2020	İLÇE	2004	2009	2014	2018	2019	2020
AL.	0	0	0	0	0	0	AL.	120	780	450	630	640	550
BOR	430	350	120	500	90	81	BOR	0	0	30	380	900	1100
ÇAM.	50	70	40	30	30	30	ÇAM.	0	0	20	10	10	10
ÇİFT.	0	10	20	30	20	20	ÇİFT.	3340	3420	3370	3290	3350	3550
MER.	140	260	180	130	90	60	MER.	660	2360	4680	9140	8310	7410
ULU.	10	10	30	20	20	20	ULU.	10	20	20	10	10	10
TOP.	630	700	390	710	250	211	TOP.	4130	6580	8570	13460	13220	12630
<b>Sarımsak (Kuru)</b>							<b>Soğan (Kuru)</b>						
İLÇE	2004	2009	2014	2018	2019	2020	İLÇE	2004	2009	2014	2018	2019	2020
AL.	0	30	80	60	50	40	AL.	50	30	130	450	430	470
BOR	50	30	30	70	0	0	BOR	640	520	690	1200	1500	1400
ÇAM.	50	50	40	30	40	40	ÇAM.	140	120	80	80	90	100
ÇİFT.	190	170	160	90	80	100	ÇİFT.	570	500	460	390	350	130
MER.	980	670	630	520	250	160	MER.	1650	820	1180	770	3040	3420
ULU.	130	140	200	180	170	160	ULU.	640	640	670	640	620	630
TOP.	1400	1090	1140	950	590	500	TOP.	3690	2630	3210	3530	6030	6150

AL. Altınhisar, Bor. Bor, Çam. Çamardı, Çift. Çiftlik, Mer. Merkez, Ulu. Ulukışla, Top. Toplam.

Niğde ili ve ilçelerinde üretilen tarımsal ürünlerden örtü altı sebzeler alt başlığına ait değerler incelendiğinde yalnızca 2020 yılına ait veriler bulunmaktadır. Örtüaltı sebzelerde üretim yapılan alanların 18 dekar alan ile %95'i Bor ilçesinde, 1 dekar alan ile %5'lik kısmı ise Merkez ilçede yer almaktadır. Yapılan üretim alanları detaylandırıldığında ise Bor ilçesinde marul (göbekli – 2 dekar), biber (sivri – 7 dekar), hıyar (sofralık – 2 dekar), domates (sofralık – 6 dekar), kabak (sakız – 1 dekar) ve Merkez ilçede hıyar (sofralık – 1 dekar) olmak üzere beş farklı ürün üretildiği görülmektedir. Gece gündüz sıcaklıklarındaki yüksek farklar, iklim koşullarının sert olması gibi sebeplerden dolayı örtüaltı üretim yapılan alanlar çok sınırlı kalmaktadır.

### 3.3. Niğde İli Traktör Parkı

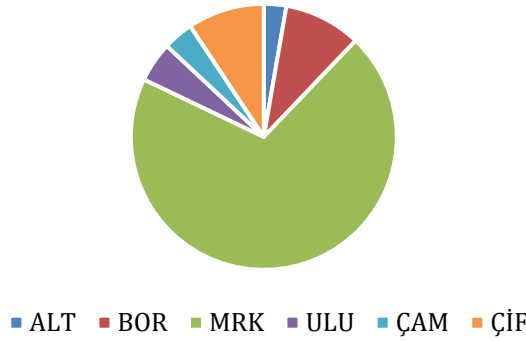
Tarımsal üretim için Niğde ili ve ilçelerinde kullanılan traktörlere ait veriler Çizelge 6'da verilmiştir. Niğde ilinde ve ilçelerinde kullanılan traktörlere ait veriler toplam traktör sayısı ile karşılaştırıldığında çift akslı traktörlerin %98,76 oranına ve tek akslı traktörlerin %1,24 oranına sahip olduğu görülmektedir. Tek akslı traktörlere ait veriler değerlendirildiğinde ise %83 oranında 5 BG üzerindeki traktörlerden oluştuğu söylenebilir. Çift akslı traktörlere ait veriler incelendiğinde ise, çoğunluğun 35-50 BG ve 51-70 BG arası traktör grubuna ait olduğu görülmektedir. Ayrıca 70 BG üzerindeki traktör grubundaki artış dikkat çekmektedir. 2004-2020 yılı arasındaki sayılar oranlandığında ise %32,31'lik artış eğilimi görülmektedir (Şekil 2).

Çizelge 6. Niğde ili ve ilçelerinde tarımsal üretim faaliyetlerinde kullanılan traktörler ve dağılımı (adet) (TÜİK, 2021d).

Yıl	Traktör Grubu							Toplam	
	Tek Akslı		Çift Akslı						
	1-5 BG	>5 BG	1-10 BG	11-24 BG	25-34 BG	35-50 BG	51-70 BG	>70 BG	
2004	18	56	17	93	697	7940	4920	57	13798
2005	18	56	17	95	721	8644	5391	57	14999
2006	18	56	17	99	749	9478	6209	57	16683
2007	18	59	18	104	787	9697	6417	57	17157
2008	18	54	18	94	778	9681	6459	66	17168
2009	18	59	18	87	786	10104	6723	68	17863
2010	18	66	44	83	768	9887	6573	71	17510
2011	28	137	44	81	790	9924	6807	81	17892
2012	30	172	70	77	773	9502	6683	90	17397
2013	30	168	70	76	712	7282	5765	96	14199
2014	32	191	80	72	741	7563	6228	104	15011
2015	40	194	98	82	800	7863	6893	107	16077
2016	40	198	98	79	814	7918	7351	110	16608
2017	40	187	101	80	866	8265	7469	121	17129
2018	38	194	102	76	878	8511	7573	137	17509
2019	38	187	102	78	902	8687	7713	142	17849
2020	40	188	104	83	914	8784	7927	218	18258

Niğde ilinde kullanılan traktörlerin ilçelere göre dağılımı Şekil 2’de verilmiştir. %69,92 oranı ile Merkez ilçe en çok sayıya sahipken, bu ilçeyi sırasıyla %10,15 ile Bor, %8,96 ile Çiftlik, %4,75 ile Ulukışla ve %2,60 ile Altunhisar ilçeleri takip etmektedir.

Niğde ili ve ilçeleri 2020 yılı traktör dağılımı



Şekil 2. Niğde ili ilçelerindeki traktör dağılımları.

### 3.4. Niğde İli ve İlçelerindeki Tarım Makinaları Varlığı

Niğde ili ve ilçelerin tarımsal üretim faaliyetlerinde kullanılan makineler birincil toprak işleme makinaları, ikincil toprak işleme makinaları, ekim- dikim makinaları, gübreleme, bakım ve ilaçlama makinaları, hasat ve harman makinaları ve sulama makinalarına olmak üzere altı grupta incelenmiştir. Birincil toprak işleme makinalarına ait veriler Çizelge 7’de verilmiştir.

Çizelge 7. Niğde ili ve ilçelerinde kullanılan birincil toprak işleme makinaları ve römorklar (adet) (TÜİK, 2021e).

Kulaklı Traktör Pulluğu							Diskli Traktör Pulluğu						
İLÇE	2004	2009	2014	2018	2019	2020	İLÇE	2004	2009	2014	2018	2019	2020
AL.	210	251	290	326	326	358	AL.	22	23	25	25	25	28
BOR	959	1027	1093	1241	1312	1258	BOR	174	145	150	169	183	182
ÇAM.	517	481	520	555	557	563	ÇAM.	0	0	0	0	0	0
ÇİF.	1500	1533	1421	1440	1454	1469	ÇİF.	0	0	0	0	0	0
MER.	9720	11028	10335	11116	11179	11273	MER.	88	74	93	99	100	100
ULU.	420	423	570	642	655	674	ULU.	159	165	170	180	180	180
TOP.	13326	14743	14229	15320	15483	15622	TOP.	443	407	438	473	488	490
Toprak Frezesi (Rotovator)							Römork (Tarım Arabası)						
İLÇE	2004	2009	2014	2018	2019	2020	İLÇE	2004	2009	2014	2018	2019	2020
AL.	0	6	9	11	14	14	AL.	255	274	309	401	426	468
BOR	26	28	44	61	63	63	BOR	1196	1315	1322	1544	1577	1570
ÇAM.	0	0	0	5	5	5	ÇAM.	522	492	500	505	505	511
ÇİF.	0	0	2	2	2	207	ÇİF.	1500	1519	1420	1440	1445	1445
MER.	28	30	59	85	85	85	MER.	9898	11642	10355	11116	11179	11545
ULU.	0	0	7	9	9	9	ULU.	421	421	556	565	565	574
TOP.	54	64	121	173	178	383	TOP.	13792	15663	14462	15571	15697	16113

Al. Altunhisar, Bor. Bor, Çam. Çamardı, Çif. Çiftlik, Mer. Merkez, Ulu. Ulukışla. Top. Toplam

Niğde ili ve ilçelerinde tarımsal üretim faaliyetlerinde kullanılan birincil toprak işleme makinaları incelendiğinde kulaklı traktör pulluğu, diskli traktör pulluğu ve toprak frezesi (rotovator) ön plana çıkmaktadır. Birincil toprak işleme makinaları Niğde ili ve ilçeleri açısından incelendiğinde kulaklı traktör pulluğu ve toprak frezesinin her ilçede yer aldığı görülürken, diskli traktör pulluğu ise yalnızca dört ilçede görülmektedir.

Birincil toprak işleme makinaları kendi aralarında karşılaştırıldığında ise kulaklı traktör pulluğu %95,88, diskli traktör pulluğu %3,02 ve toprak frezesi %1,10 oranında olduğu görülmektedir. Kulaklı traktör pulluğu sayısı en çok Merkez ilçede yer alırken, ikinci sırada Çiftlik ilçesi ve üçüncü sırada Bor ilçesi yer almaktadır. Bu makine grubu için en düşük sayı Altunhisar ilçesinde görülmektedir.

Diskli traktör pulluğu sayısı incelendiğinde; birinci sırada Bor, ikinci sırada Ulukışla, üçüncü sırada Merkez ve son sırada ise Altunhisar ilçesi olduğu belirlenmektedir. Toprak frezesi sayıları incelendiğinde ise, Merkez ilçe birinci sırada yer alırken ikinci sırada Bor ilçesi yer almaktadır. Bu iki ilçedeki toprak frezesi sayısı toplam sayının %83'lük dilimini oluşturmaktadır. Tarım römorkları incelendiğinde tüm ilçelerde römorkların var olduğu görülmektedir. Traktör sayısının fazla olduğu Merkez ilçede römork sayısının da yüksek olduğu görülmekle birlikte, il genelinde traktör başına yaklaşık bir römork düşmektedir.

Niğde ili ve ilçelerinde tarımsal üretim için kullanılan ikincil toprak işleme makinalarına ait veriler Çizelge 8'de verilmiştir.

Çizelge 8. Niğde ili ve ilçelerinde kullanılan ikincil toprak işleme makinaları (adet) (TÜİK, 2021e).

<i>Kültivatör</i>							<i>Merdane</i>						
<i>İLÇE</i>	<i>2004</i>	<i>2009</i>	<i>2014</i>	<i>2018</i>	<i>2019</i>	<i>2020</i>	<i>İLÇE</i>	<i>2004</i>	<i>2009</i>	<i>2014</i>	<i>2018</i>	<i>2019</i>	<i>2020</i>
<i>AL.</i>	90	145	188	219	219	219	<i>AL.</i>	18	27	39	56	56	56
<i>BOR</i>	767	862	921	1075	1108	1089	<i>BOR</i>	126	127	131	145	153	155
<i>ÇAM.</i>	381	385	425	503	506	506	<i>ÇAM.</i>	0	0	0	0	0	0
<i>ÇİF.</i>	95	104	110	137	141	141	<i>ÇİF.</i>	0	0	0	10	10	10
<i>MER.</i>	2922	3221	3365	3527	3708	3725	<i>MER.</i>	4	4	6	6	6	6
<i>ULU.</i>	218	266	315	360	366	375	<i>ULU.</i>	33	33	46	46	46	46
<i>TOP.</i>	4473	4983	5324	5821	6048	6055	<i>TOP.</i>	181	191	222	263	271	273
<i>Dipkazan (Subsoiler)</i>							<i>Dişli Tırmık</i>						
<i>İLÇE</i>	<i>2004</i>	<i>2009</i>	<i>2014</i>	<i>2018</i>	<i>2019</i>	<i>2020</i>	<i>İLÇE</i>	<i>2004</i>	<i>2009</i>	<i>2014</i>	<i>2018</i>	<i>2019</i>	<i>2020</i>
<i>AL.</i>	0	0	32	33	34	37	<i>AL.</i>	0	0	7	7	7	7
<i>BOR</i>	19	19	19	30	31	31	<i>BOR</i>	37	37	38	44	45	46
<i>ÇAM.</i>	0	0	3	3	3	3	<i>ÇAM.</i>	0	0	0	0	0	0
<i>ÇİF.</i>	0	0	34	42	43	1263	<i>ÇİF.</i>	60	60	64	67	68	68
<i>MER.</i>	1130	1345	1564	1770	1804	1845	<i>MER.</i>	691	719	740	741	741	743
<i>ULU.</i>	120	150	174	198	202	209	<i>ULU.</i>	125	116	124	128	128	128
<i>TOP.</i>	1269	1514	1823	2076	2117	3388	<i>TOP.</i>	913	932	973	987	989	992
<i>Toprak Tesviye Makinesi</i>							<i>Diskli Tırmık</i>						
<i>İLÇE</i>	<i>2004</i>	<i>2009</i>	<i>2014</i>	<i>2018</i>	<i>2019</i>	<i>2020</i>	<i>İLÇE</i>	<i>2004</i>	<i>2009</i>	<i>2014</i>	<i>2018</i>	<i>2019</i>	<i>2020</i>
<i>AL.</i>	0	0	3	3	3	3	<i>AL.</i>	0	0	9	10	10	10
<i>BOR</i>	125	115	116	142	144	146	<i>BOR</i>	175	175	179	193	206	207
<i>ÇAM.</i>	0	0	0	0	0	0	<i>ÇAM.</i>	0	0	0	0	0	0
<i>ÇİF.</i>	18	18	19	20	20	20	<i>ÇİF.</i>	0	0	0	0	0	0
<i>MER.</i>	1011	1032	1067	1062	1062	1067	<i>MER.</i>	17	17	25	29	29	29
<i>ULU.</i>	34	31	34	38	38	38	<i>ULU.</i>	0	0	1	1	1	1
<i>TOP.</i>	1188	1196	1239	1265	1267	1274	<i>TOP.</i>	192	192	214	233	246	247

*Al.* Altunhisar, *Bor.* Bor, *Çam.* Çamardı, *Çif.* Çiftlik, *Mer.* Merkez, *Ulu.* Ulukışla. *Top.* Toplam

İkincil toprak işleme makinaları incelendiğinde, Niğde ili ve ilçelerinde tarımsal üretimde kültivatör, merdane, dip kazan, toprak tesviye makinesi, dişli tırmık ve diskli tırmık ön plana çıkmaktadır. İkincil toprak işleme makinaları toplam sayısı ile makinelerin sayıları karşılaştırıldığında kültivatör %55,29, dip kazan %19,35, toprak tesviye makinesi %11,58, dişli tırmık %9,04, merdane %2,48 ve diskli tırmık %2,25 oranlarında olduğu görülmektedir. Kültivatör ve dip kazan her ilçede bulunurken, diğer makine grupları ilçelere göre farklılıklar göstermektedir. Çamardı ilçesinde merdane, toprak tesviye makinesi ve diskli tırmık bulunmamaktadır.

İkincil toprak işleme makinalarından kültivatör incelendiğinde, Merkez ilçe (%61,30) ve Bor ilçesinde (%18,32) sayıların büyük çoğunlukta olduğu görülmektedir. Dip kazana ait veriler karşılaştırıldığında %85,21'lik kısmının Merkez ilçede yer aldığı %9,54'lük kısmının ise, Ulukışla ilçesinde yer aldığı görülmektedir. Toprak tesviye makinesi incelendiğinde %83,82 değeri ile Merkez ilçe en yüksek değere sahipken, Bor ilçesi %11,37 değeri ile ikincidir. %74,92'lik oran ile Merkez ilçe ve %12,94'lük oranla Ulukışla ilçesi dişli tırmık için çoğunluğun yer aldığı ilçelerdir. Bor, Altunhisar ve Ulukışla ilçeleri sırasıyla %56,46, %20,66 ve %16,97 değerleri ile merdanenin en çok yer aldığı üç ilçedir. Diskli tırmığa ait veriler incelendiğinde ise, %83,74 değeri ile Bor ilçesi birinci ve %11,79 değeri ile Merkez ilçe ikinci sırada yer almaktadır.

Çizelge 9'da Niğde ili ve ilçelerinde kullanılan ekim-dikim makinalarına ait veriler yer almaktadır.

Çizelge 9. Niğde ili ve ilçelerinde kullanılan ekim-dikim makinaları (adet) (TÜİK, 2021e).

Traktörle Çekilen Hububat Ekim Makinası							Kombine Hububat Ekim Makinası						
İLÇE	2004	2009	2014	2018	2019	2020	İLÇE	2004	2009	2014	2018	2019	2020
AL.	74	72	69	135	135	135	AL.	96	94	125	135	135	135
BOR	162	69	4	0	0	0	BOR	509	636	755	871	904	896
ÇAM.	0	0	0	0	0	0	ÇAM.	0	0	0	0	0	0
ÇİFT.	0	0	0	0	0	0	ÇİFT.	0	0	1	1	1	1
MER.	50	54	54	49	50	50	MER.	154	219	226	281	287	289
ULU.	40	40	54	61	61	61	ULU.	126	126	180	220	220	220
TOP.	326	235	181	245	246	246	TOP.	885	1075	1287	1508	1547	1541
Üniversal Hububat Ekim Makinası							Pnömatik Ekim Makinası						
İLÇE	2004	2009	2014	2018	2019	2020	İLÇE	2004	2009	2014	2018	2019	2020
AL.	0	0	0	0	0	0	AL.	1	2	10	10	10	12
BOR	53	53	53	60	60	60	BOR	0	13	17	20	20	20
ÇAM.	0	0	0	0	0	0	ÇAM.	0	0	6	6	6	9
ÇİFT.	0	0	0	0	0	0	ÇİFT.	0	0	1	1	1	3
MER.	4	7	28	34	36	36	MER.	8	41	240	259	267	271
ULU.	7	7	10	10	10	10	ULU.	0	0	16	16	16	16
TOP.	57	67	91	104	106	106	TOP.	9	56	290	312	320	331
Patates Dikim Makinası							Fide Dikim Makinası						
İLÇE	2004	2009	2014	2018	2019	2020	İLÇE	2004	2009	2014	2018	2019	2020
AL.	12	23	65	72	78	80	AL.	0	0	1	1	1	1
BOR	3	3	3	7	7	7	BOR	0	0	0	0	0	0
ÇAM.	9	10	12	13	19	25	ÇAM.	0	0	0	0	0	0
ÇİFT.	660	675	712	730	730	880	ÇİFT.	0	0	0	0	0	0
MER.	3616	4197	4377	4465	4492	4511	MER.	1	1	3	3	3	4
ULU.	0	0	2	2	2	2	ULU.	1	1	1	2	2	2
TOP.	4300	4908	5171	5289	5328	5505	TOP.	1	2	5	6	6	7

AL. Altunhisar, BOR. Bor, ÇAM. Çamardı, ÇİFT. Çiftlik, MER. Merkez, ULU. Ulukışla. TOP. Toplam

Tarımsal üretim faaliyetlerinde yararlanılan ekim-dikim makinaları incelendiğinde Niğde ili ve ilçelerinde hububat ekim, kombine hububat ekim, pnömatik ekim, üniversal ekim gibi ekim makinaları ile patates ve fide dikim makinalarının kullanımının olduğu görülmektedir. Ekim-dikim makinaları grubunda yer alan makine sayıları dikkate alındığında patates dikim makinası toplam sayının %70,54'lük dilimini oluştururken, kombine hububat ekim makinası %20,48'lik dilimi oluşturmaktadır. Pnömatik ekim, hububat ekim, üniversal ekim ve fide dikim makinaları ise sırasıyla %4,24, %3,26, %1,40 ve %0,08 oranlarına sahiptir. Bu tip ekim-dikim makinalarının yanı sıra doğrudan ekim yönteminde kullanılan anıza ekim makinasından Niğde ilinde Bor ve Merkez ilçelerinde 4'er adet olmak üzere toplamda 8 adet yer almaktadır. Hububat ekim makinaları incelendiğinde Altunhisar (%54,88), Ulukışla (%24,80) ve Merkez (%20,33) ilçelerinde yer aldığı görülmektedir. Kombine ekim makinası incelendiğinde, büyük çoğunluğun Bor (%58,44), Merkez (%18,55) ve Ulukışla (%14,22) ilçelerinde toplandığı görülmektedir. Pnömatik ekim makinalarının %83,44'lik kısmı Merkez ilçede yer almaktayken, %6,25'lik kısmı Bor ilçesinde %5,00'lik kısmı ise Ulukışla ilçesindedir. Üniversal ekim makinaları Bor (%56,60), Merkez (%33,96) ve Ulukışla (%9,43) ilçelerinde yer almaktadır. Dikim makinalarından patates dikim makinası incelendiğinde Merkez ilçe %84,31'lik oranıyla birinci sırada yer alırken, Çiftlik ilçesi %13,70 oranıyla ikinci, Altunhisar ilçesi ise %1,46 oranıyla üçüncü sıradadır. Patates dikim makinalarının %99,47'lik kısmı bu üç ilçede yer almaktadır. Fide dikim makinaları incelendiğinde ise Merkez ilçe %50, Ulukışla ilçesi %33,33 ve Altunhisar ilçesi %16,67 oranlarına sahiptir.

Niğde ili ve ilçelerinde tarımsal üretim faaliyetlerinde kullanılan gübreleme, bakım ve ilaçlama makinalarına ait veriler Çizelge 10'da gösterildiği gibidir.

Çizelge 10. Niğde ili ve ilçelerinde kullanılan gübreleme, bakım ve ilaçlama makinaları (adet)(TÜİK, 2021e).

Kimyevi Gübre Dağıtma Makinası							Çiftlik Gübresi Dağıtma Makinası						
İLÇE	2004	2009	2014	2018	2019	2020	İLÇE	2004	2009	2014	2018	2019	2020
AL.	93	128	172	275	302	332	AL.	0	0	0	1	1	2
BOR	492	456	456	498	515	505	BOR	0	0	9	9	9	9
ÇAM.	124	145	193	251	251	251	ÇAM.	0	0	0	0	0	0
ÇİFT.	700	700	717	743	747	747	ÇİFT.	0	0	0	0	0	0
MER.	6506	7137	7154	7432	7456	7479	MER.	0	0	19	147	162	171
ULU.	160	160	196	215	217	225	ULU.	0	0	0	0	0	0
TOP.	8075	8726	8888	9414	9488	9539	TOP.	0	0	28	157	172	182
Sırt Pülverizatörü							Kuyruk Milinden Hareketli Pülverizatör						
İLÇE	2004	2009	2014	2018	2019	2020	İLÇE	2004	2009	2014	2018	2019	2020
AL.	137	150	155	168	168	168	AL.	20	38	84	112	138	152
BOR	602	632	646	654	649	645	BOR	164	200	222	235	237	238
ÇAM.	166	150	170	213	213	216	ÇAM.	166	166	190	225	225	225
ÇİFT.	1020	1056	1149	1164	1171	1171	ÇİFT.	325	325	343	373	375	375
MER.	4700	4580	4928	5015	5046	5071	MER.	4843	5177	5682	5902	5944	5973
ULU.	1195	1195	1296	1456	1478	1507	ULU.	162	162	184	206	206	206
TOP.	7820	7763	8344	8670	8725	8778	TOP.	5680	6068	6705	7053	7125	7169

Çizelge 10. Devamı

Motorlu Pülverizatör							Hayvanla ve Traktörle Çekilen Ara Çapa Makinesi						
İLÇE	2004	2009	2014	2018	2019	2020	İLÇE	2004	2009	2014	2018	2019	2020
AL.	21	26	21	21	21	21	AL.	23	33	44	89	97	97
BOR	297	269	259	256	258	257	BOR	97	103	193	208	209	211
ÇAM.	25	30	37	57	61	71	ÇAM.	14	14	19	98	98	98
ÇİFT.	0	0	0	0	0	0	ÇİFT.	915	950	1012	1027	1035	1035
MER.	85	43	43	35	35	35	MER.	4121	4472	4580	4716	4749	4778
ULU.	158	158	156	172	172	172	ULU.	14	14	47	49	49	49
TOP.	586	526	516	541	547	556	TOP.	5184	5586	5895	6187	6237	6268

Al. Altunhisar, Bor. Bor, Çam. Çamardı, Çif. Çiftlik, Mer. Merkez, Ulu. Ulukışla. Top. Toplam

Tarımsal ürünlerin gübrenmesi, bakımı ve ilaçlanması amacıyla kullanılan makineler incelendiğinde Niğde ili ve ilçeleri açısından sekiz tip makinenin olduğu görülmektedir. Gübreleme için çiftlik gübresi dağıtma makinesi ve kimyasal gübre dağıtma makinesi, bakım için hayvan veya traktörle çekilen ara çapa makinesi, ilaçlama için motorlu pülverizatör, sırt pülverizatörü, kuyruk milinden hareketli pülverizatör, tozlayıcı ve atomizör kullanılmaktadır. Gübreleme, bakım ve ilaçlama makineleri grubunda yer alan makineleri toplam sayısı makine tipleri ile karşılaştırıldığında kimyevi gübre dağıtma makinesi %29,27, sırt pülverizatörü %26,91, kuyruk milinden hareketli pülverizatör %21,98, hayvan veya traktörle çekilen ara çapa makinesi %19,24, motorlu pülverizatör %1,69, çiftlik gübresi dağıtma makinesi %0,53, atomizör %0,22 ve tozlayıcı %0,16 oranlarına sahiptir.

Merkez ilçe, gübreleme makinelerinin iki tipi için de en çok makine varlığına sahip ilçedir. Kuyruk milinden hareketli pülverizatör ve sırt pülverizatörü için aynı durum söz konusudur. Hayvanla veya traktörle çekilen ara çapa makinelerinin %74,16'lık bölümü Merkez ilçede yer almaktadır. Bor ilçesinde ise motorlu pülverizatör, tozlayıcı ve atomizör oranları yüksektir. Çiftlik ve kimyasal gübre dağıtma makineleri açısından ise ilçe ikinci sırada yer almaktadır.

Çizelge 11'de Niğde ili ve ilçelerinde hasat ve harman amacı ile kullanılan biçerdöverlere ait verileri kapsamaktadır.

Çizelge 11. Niğde ili ve ilçelerinde kullanılan biçerdöverler (adet) (TÜİK, 2021e).

Biçerdöver (0-5 Yaş)																	
Yıl	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Al.	0	0	0	3	5	5	5	5	5	6	6	10	10	10	11	11	7
Bor.	0	0	0	3	5	5	5	5	5	6	6	10	10	10	11	11	0
Çam.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Çift.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0
Mer.	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2	2	2	1	1	1
Ulu.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2	2	2	2
Top.	0	0	0	6	10	10	10	11	11	15	15	24	24	25	25	25	9
Biçerdöver (6-10 Yaş)																	
Yıl	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Al.	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2	2	4	4	4	5	4	4
Bor.	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2	2	4	4	4	5	4	0
Çam.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Çift.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	4
Mer.	0	0	1	0	2	5	7	7	9	9	9	12	13	10	4	5	4
Ulu.	0	0	0	0	0	1	1	1	2	2	2	2	2	3	2	2	2
Top.	0	0	1	0	2	8	10	10	13	15	15	22	23	21	19	17	16
Biçerdöver (11-20 Yaş)																	
Yıl	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Al.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bor.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Çam.	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	2	2	2	3	1	0
Çift.	0	0	0	0	0	2	3	3	3	3	3	5	5	4	4	4	0
Mer.	0	0	0	0	0	2	2	2	3	3	3	3	3	3	2	2	2
Ulu.	0	0	1	0	0	4	6	6	7	7	7	10	10	9	9	7	2
Top.	0	0	2	0	0	8	12	12	14	14	14	20	20	18	18	14	7
Biçerdöver (20+ Yaş)																	
Yıl	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Al.	0	0	0	0	0	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5
Bor.	3	4	4	4	4	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Çam.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
Çift.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0
Mer.	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1
Ulu.	5	6	6	6	6	10	8	8	8	9	9	10	10	10	12	12	2
Top.	10	12	12	12	12	20	16	16	16	18	18	20	20	20	24	24	10

Al. Altunhisar, Bor. Bor, Çam. Çamardı, Çif. Çiftlik, Mer. Merkez, Ulu. Ulukışla. Top. Toplam

Hasat ve harman işlemini aynı anda gerçekleştiren kombine makineler olan biçerdöverler yaşlarına (0-5 yaş arası, 6-10 yaş arası, 11-20 yaş arası ve 20 yaş üzeri) bağlı olarak dört grup altında incelenmiştir. Biçerdöver sayıları oranlandığında 0-5 yaş arası %31,25, 6-10 yaş arası %21,25, 11-20 yaş arası %17,50 ve 20 yaş üzeri ise %30'luk dilimi oluşturmaktadır.

Verilerden de anlaşılacağı gibi biçerdöverlerin çoğunluğu, sayıları 0-5 yaş arası yeni biçerdöverler ve 20 yaş üzeri yaşlı biçerdöverlerden meydana gelmektedir. 20 yaş ve üzeri biçerdöverlerden her ilçede olduğu görülmektedir.

Toplam biçerdöver sayısı ile ilçelerdeki biçerdöver sayıları incelendiğinde Altunhisar %25, Bor %21,25, Çamardı %2,5, Çiftlik %10, Merkez %12,5 ve Ulukışla %28,75'lik oranlarda olduğu görülmektedir. 0-5 yaş grubu biçerdöverler incelendiğinde Altunhisar (%44,00), Bor (%44,00), Merkez (%4,00) ve Ulukışla (%8,00) ilçelerinde yer aldığı görülmektedir. Çamardı ve Çiftlik ilçelerinde 0-5 yaş grubunda biçerdöver bulunmamaktadır.

6-10 yaş aralığındaki biçerdöverlere ait verilere bakıldığında Merkez ilçe %29,41 ile ilk sırada yer alırken, Altunhisar ve Bor ilçeleri %23,53 ile ikinci sırayı, Çiftlik ve Ulukışla ilçeleri ise %11,76 ile üçüncü sırayı paylaşmaktadır. Çamardı ilçesi bu tür biçerdöverlerden bulunmamaktadır.

11-20 yaş aralığındaki biçerdöverler incelendiğinde ilçeler düzeyinde sırasıyla Ulukışla (%50,00), Çiftlik (%28,57), Merkez (%14,29) ve Çamardı (%7,14) ilçelerinde buldukları görülmektedir. Altunhisar ve Bor ilçelerinde bu yaş aralığındaki biçerdöverlere ait verilere rastlanmamıştır.

20 yaş ve üzeri biçerdöverler her ilçede değişik oranlarda görülmektedir. Ulukışla ilçesi %50,00 oranıyla birinci iken Altunhisar ilçesi %20,83 oranıyla ikinci, Bor, Çiftlik ve Merkez ilçeleri %8,33 oranı ile üçüncülüğü paylaşmakta ve Çamardı ilçesi %4,17 oranıyla son sırada yer almaktadır.

Niğde ili ve ilçelerinde yetiştirilen tarımsal ürünlerin hasat ve harmanı için kullanılan makinalara ait veriler Çizelge 12'de verilmiştir.

Çizelge 12. Niğde ili ve ilçelerinde kullanılan hasat ve harman makinaları (adet) (TÜİK, 2021e).

Orak Makinası							Balya Makinası						
İLÇE	2004	2009	2014	2018	2019	2020	İLÇE	2004	2009	2014	2018	2019	2020
AL.	20	69	54	56	56	56	AL.	0	1	14	15	18	19
BOR.	141	123	121	107	104	104	BOR.	3	5	16	21	21	21
ÇAM.	178	185	170	139	139	142	ÇAM.	0	0	3	4	4	6
ÇİFT.	245	245	214	202	202	202	ÇİFT.	0	0	0	2	2	6
MER.	4456	4299	3222	2554	2554	2512	MER.	1	23	90	146	157	168
ULU.	72	72	69	69	69	69	ULU.	0	1	22	33	33	33
TOP.	5112	4993	3850	3127	3124	3088	TOP.	4	30	145	221	235	253
Sap Toplamalı Saman Yapma Makinası							Sap Döver Ve Harman Makinası						
İLÇE	2004	2009	2014	2018	2019	2020	İLÇE	2004	2009	2014	2018	2019	2020
AL.	2	3	5	9	9	9	AL.	155	154	95	95	95	95
BOR.	24	24	26	26	26	26	BOR.	218	172	142	135	133	132
ÇAM.	0	0	1	1	1	1	ÇAM.	193	88	62	58	58	58
ÇİFT.	0	0	0	0	0	0	ÇİFT.	300	300	302	292	292	292
MER.	0	25	45	73	77	84	MER.	4033	3838	3208	2658	2631	2578
ULU.	8	8	14	15	15	15	ULU.	105	100	101	112	112	113
TOP.	34	60	91	124	128	135	TOP.	5004	4652	3910	3350	3321	3268
Mısır Silaj Makinası							Traktörle Çekilen Çayır Biçme Makinası						
İLÇE	2004	2009	2014	2018	2019	2020	İLÇE	2004	2009	2014	2018	2019	2020
AL.	1	4	18	30	30	30	AL.	0	0	21	21	23	23
BOR.	3	21	42	45	48	50	BOR.	37	58	70	87	90	92
ÇAM.	0	3	3	4	4	4	ÇAM.	0	0	13	15	15	15
ÇİFT.	2	3	6	8	8	8	ÇİFT.	0	0	0	0	0	0
MER.	15	91	160	209	217	225	MER.	52	155	260	349	357	361
ULU.	0	0	8	11	11	11	ULU.	5	7	16	16	16	16
TOP.	21	122	237	307	318	328	TOP.	94	220	380	488	501	507
Patates Sökme Makinası							Pancar Sökme Makinası						
İLÇE	2004	2009	2014	2018	2019	2020	İLÇE	2004	2009	2014	2018	2019	2020
AL.	14	33	114	122	132	132	AL.	0	0	0	0	0	0
BOR.	18	14	16	16	16	17	BOR.	104	83	88	98	98	99
ÇAM.	8	10	12	16	21	27	ÇAM.	1	0	0	0	0	0
ÇİFT.	1000	1094	1105	1134	1134	1327	ÇİFT.	0	0	0	0	0	0
MER.	6501	6824	6320	6287	6323	6346	MER.	5	4	11	19	19	19
ULU.	0	0	2	2	2	2	ULU.	0	0	1	1	1	1
TOP.	7541	7975	7569	7577	7628	7761	TOP.	110	87	100	118	118	119

Al. Altunhisar, Bor. Bor, Çam. Çamardı, Çif. Çiftlik, Mer. Merkez, Ulu. Ulukışla. Top. Toplam

Tarım ürünlerinin hasat işlerinde kullanılan diğer hasat-harman makinaları incelendiğinde orak makinası, biçerbağlar makinası, sap döver ve harman makinası, balya makinası, traktörle çekilen çayır biçme makinası, motorlu tırpan, mısır silaj makinası, patates sökme makinası ve pancar sökme makinası öne çıkmaktadır.

Hasat ve harman makinalarına ait veriler toplam sayı ile oranlandığında patates sökme makinası %48,41, sap döver ve harman makinası %21,08, orak makinası %19,82, traktörle çekilen çayır biçme makinası %3,18, motorlu tırpan %3,15, mısır silaj makinası %2,02, balya makinası %1,49, pancar sökme makinası %0,75 ve biçerbağlar makinası ise %0,10 oranındadır. Merkez ilçe motorlu tırpan ve pancar sökme makinası haricinde tüm makine tiplerinde en yüksek sayılara sahip ilçe konumundadır. Bor ilçesi mevcut pancar sökme makinalarının %83,05'lik diliminin yer aldığı ilçe iken Merkez ilçe de bu oran %16,10'dur. Motorlu tırpan için Ulukışla ilçesi %40,64 ile birinci iken, Çamardı ilçesi %28,17 oranı ile ikinci sıradadır.

Tarımsal ürünlerin sulanması amacıyla yararlanılan sulama makinaları grubundan Niğde ili ve ilçelerinde kullanılan makinalara ait veriler Çizelge 13'te verilmiştir.

Çizelge 13. Niğde ili ve ilçelerinde kullanılan sulama makinaları (adet) (TÜİK, 2021e).

<i>Pompa (Santrifüj + Derin Kuyu)</i>							<i>Pompa (Elektro + Moto-termik)</i>						
İLÇE	2004	2009	2014	2018	2019	2020	İLÇE	2004	2009	2014	2018	2019	2020
AL.	51	51	118	132	132	137	AL.	78	78	70	78	78	84
BOR	360	380	387	400	402	410	BOR	602	658	658	701	701	712
ÇAM.	76	96	99	118	118	124	ÇAM.	83	77	77	79	79	79
ÇİFT.	450	455	450	450	450	450	ÇİFT.	1000	1017	1017	1020	1023	1023
MER.	4860	4884	4905	4966	4997	5026	MER.	7392	7596	7706	7853	7894	7916
ULU.	91	91	95	104	104	104	ULU.	491	491	501	515	515	520
TOP.	5888	5957	6054	6170	6203	6254	TOP.	9646	9917	10029	10246	10290	10328
<i>Yağmurlama Sulama Tesisi</i>							<i>Damla Sulama Tesisi</i>						
İLÇE	2004	2009	2014	2018	2019	2020	İLÇE	2004	2009	2014	2018	2019	2020
AL.	134	156	205	298	303	320	AL.	4	13	44	60	66	71
BOR	458	499	532	649	661	674	BOR	14	40	94	161	165	177
ÇAM.	75	64	64	80	80	80	ÇAM.	1	95	180	270	270	270
ÇİFT.	1800	1800	1812	1870	1878	1878	ÇİFT.	0	0	2	7	7	7
MER.	7186	7335	7352	7449	7465	7482	MER.	34	217	529	775	804	851
ULU.	94	104	159	172	172	172	ULU.	9	11	135	158	158	158
TOP.	9747	9958	10124	10518	10559	10606	TOP.	62	376	984	1431	1470	1534

Al. Altunhisar, Bor. Bor, Çam. Çamardı, Çif. Çiftlik, Mer. Merkez, Ulu. Ulukışla. Top. Toplam

Niğde ili yıllık yağış oranı göz önünde bulundurulduğunda mevcut verilerle düşük yağış almaktadır. Bu sebeple yetiştirilecek tarımsal ürünlerin su ihtiyaçlarının giderilmesi için santrifüj pompa, elektropomp, motopomp, derin kuyu pompası gibi sulama makinaları ile damla ve yağmurlama sulama gibi sistemlerin kullanılmasını gerektirmektedir. Mevcut sulama makine ve sistemlerine ait veriler incelendiğinde; yağmurlama sulama sistemi %37,02, elektropomp %30,87, derin kuyu pompası %14,91, santrifüj pompa %6,84, motopomp %5,21 ve damla sulama sistemi ise %5,15 oranlarına sahiptir.

Merkez ilçe motopomp hariç tüm makina ve sistemlerde birinci sıradadır. Çiftlik ilçesi ise, motopomp grubu sulama makinalarında ilk sıradadır. Ayrıca bu ilçe santrifüj pompa ve yağmurlama sulama sistemlerinde ise ikinci sıradadır. Bor ilçesi ise motopomp, santrifüj pompa, derin kuyu pompası, damla ve yağmurlama sulama sistemlerinde ise üçüncü sırada yer almaktadır. Ulukışla ilçesi ise elektropomp ve damla sulama sistemlerinin yaygın kullanıldığı dördüncü ilçe konumundadır.

### 3.5. Niğde ili ve İlçeleri Mekanizasyon Düzeyi

Niğde ili ve ilçelerine ait tarımsal mekanizasyon düzeyinin belirlenmesi için traktör sayısı, güç dağılımı ve tarımsal üretim alanları dikkate alınmıştır. Tarımsal mekanizasyon düzeyinin belirlenmesi ve değerlendirilmesinde; bir traktöre düşen tarım alanı (ha/traktör), 1000 hektar tarım alanına düşen traktör sayısı (traktör/1000 ha), birim alana düşen traktör gücü (kW/ha) ve ortalama traktör gücü (kW) kullanılmıştır. Mekanizasyon düzeyinin belirlenmesi için kullanılan veriler Çizelge 1, Çizelge 2 ve Çizelge 6'da verilmiştir.

Türkiye, Niğde ili ve ilçelerine ait veriler kullanılarak mekanizasyon düzeyinin belirlenmesinde kullanılan birinci kriter bir traktöre düşen toplam alandır. Bu kritere ait veriler Çizelge 15'te verilmiştir. Yıllar içerisindeki değişim incelendiğinde Niğde ili genel olarak Türkiye ortalamasının altında olduğu görülmektedir. İlçeler düzeyinde incelendiğinde ise Altunhisar, Bor, Çamardı ve Ulukışla ilçeleri Türkiye ortalamasının üzerinde kalırken Çiftlik ve Merkez ilçeler ortalamasının altında yer almaktadır.

Çizelge 15. Türkiye, Niğde ili ve ilçeleri için bir traktöre düşen toplam alan.

*Bir Traktöre düşen toplam alan (ha/traktör)*

YIL	Türkiye	Niğde	Altunhisar	Bor	Çamardı	Çiftlik	Merkez	Ulukışla
2004	26,35	19,79	97,24	47,36	95,99	11,18	9,40	76,32
2005	26,02	18,06	98,48	47,72	95,53	10,54	8,38	72,61
2006	24,94	16,08	91,28	46,95	93,96	10,21	7,14	75,58
2007	23,56	15,45	86,15	46,10	94,43	10,09	6,79	71,71
2008	22,89	15,37	85,07	45,23	96,37	10,14	6,83	71,49
2009	22,63	14,78	76,49	45,84	96,75	10,01	6,42	73,04
2010	22,24	15,25	74,55	46,03	96,65	10,43	6,64	68,68
2011	20,99	15,08	72,56	45,40	94,08	10,17	6,69	55,58
2012	20,18	16,68	75,90	45,56	92,05	11,32	7,50	65,43
2013	19,62	19,57	73,34	40,45	94,25	12,97	9,39	51,37
2014	19,26	18,56	70,94	38,16	90,20	11,96	9,06	46,43
2015	18,99	17,31	58,26	35,72	87,90	11,03	8,39	43,31
2016	18,62	16,44	57,61	33,67	83,23	10,62	7,86	41,86
2017	17,87	15,91	55,01	31,54	79,55	10,59	7,79	40,11
2018	17,40	15,60	53,83	31,95	78,26	10,60	7,53	40,10
2019	17,05	15,42	53,16	31,31	77,19	10,69	7,49	39,49
2020	16,03	15,10	50,18	32,91	74,34	9,72	7,35	38,05

Türkiye, Niğde ili ve ilçelerine ait veriler kullanılarak mekanizasyon düzeyinin belirlenmesinde kullanılan ikinci kriter bin hektar alana düşen traktör sayısıdır. Bu kritere ait veriler Çizelge 16'da verilmiştir. Yıllara göre değişim incelendiğinde Türkiye ortalamasında traktör sayısındaki artışa bağlı olarak bu değer de artmaktadır. Niğde il geneli incelendiğinde verilerin kayıt altına alınmaya başladığı 2004 yılından bu yana Türkiye ortalamasının üzerinde değerlere sahip olduğu görülmektedir. Niğde ili ilçeleri düzeyinde bu kriter incelendiğinde ise Altunhisar, Bor, Çamardı ve Ulukışla ilçeleri Türkiye ortalamasının altında yer almakta iken, Çiftlik ve Merkez ilçelerde bu durum tam tersi olarak görülmektedir. Bu durumun oluşmasında en büyük etken, ekilen alanlardaki değişimin traktör sayısındaki artışa göre çok düşük kalmasıdır.

Çizelge 16. Türkiye, Niğde ili ve ilçeleri için bin hektar alana düşen traktör sayısı.

*Bin Hektar Alana Düşen Traktör Sayısı (traktör/1000 ha)*

YIL	Türkiye	Niğde	Altunhisar	Bor	Çamardı	Çiftlik	Merkez	Ulukışla
2004	37,94	50,52	10,28	21,11	10,42	89,45	106,36	13,10
2005	38,43	55,38	10,15	20,95	10,47	94,84	119,34	13,77
2006	40,09	62,20	10,96	21,30	10,64	97,94	139,97	13,23
2007	42,44	64,71	11,61	21,69	10,59	99,10	147,37	13,94
2008	43,69	65,08	11,75	22,11	10,38	98,65	146,42	13,99
2009	44,19	67,66	13,07	21,82	10,34	99,86	155,87	13,69
2010	44,96	65,56	13,41	21,72	10,35	95,90	150,58	14,56
2011	47,64	66,33	13,78	22,03	10,63	98,30	149,52	17,99
2012	49,54	59,93	13,18	21,95	10,86	88,33	133,35	15,28
2013	50,98	51,09	13,63	24,72	10,61	77,09	106,53	19,47
2014	51,93	53,87	14,10	26,20	11,09	83,59	110,36	21,54
2015	52,66	57,77	17,17	28,00	11,38	90,65	119,17	23,09
2016	53,71	60,84	17,36	29,70	12,01	94,14	127,25	23,89
2017	55,97	62,85	18,18	31,70	12,57	94,42	128,40	24,93
2018	57,47	64,12	18,58	31,30	12,78	94,33	132,83	24,94
2019	58,66	64,84	18,81	31,93	12,96	93,56	133,52	25,32
2020	62,36	66,20	19,93	30,39	13,45	102,91	135,97	26,28

Mekanizasyon düzeyinin belirlenmesi için kullanılan üçüncü kriter birim alana düşen traktör güç değerleridir. Türkiye, Niğde ili ve ilçelerine ait değerler Çizelge 17'de gösterilmiştir. Çizelge incelendiğinde Türkiye ortalamasında traktör sayısı ve traktör gücündeki artışa bağlı olarak yükselme eğilimi görülmektedir. Niğde ili için veriler incelendiğinde Türkiye ortalamasına yakın değerler son yıllarda görülmektedir. İlçeler düzeyinde bu kriter için Çiftlik ve Merkez ilçe Türkiye ve Niğde il ortalamasının üzerinde değerlerde yer almaktadır. Altunhisar, Bor, Çamardı ve Ulukışla ilçeleri ise Türkiye ve Niğde il ortalamasının altında değerlere sahiptir. Altunhisar ve Ulukışla ilçelerinin 2004 yılı değerleri ile 2020 yılları değerleri karşılaştırıldığında sırasıyla %100 ve %140 oranlarında bir artış söz konusudur.

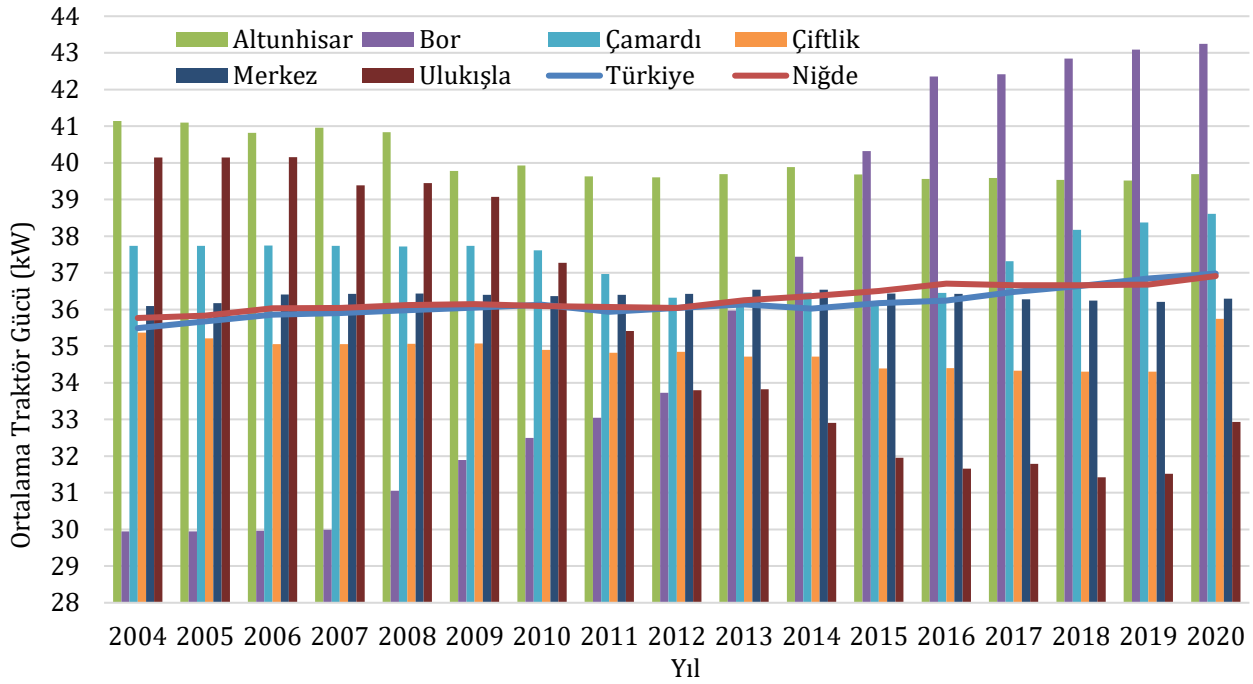
Çizelge 17. Türkiye, Niğde ili ve ilçeleri için birim alana düşen traktör gücü.

*Birim Alana Düşen Traktör Gücü (kW/ha)*

YIL	Türkiye	Niğde	Altunhisar	Bor	Çamardı	Çiftlik	Merkez	Ulukışla
2004	1,07	1,41	0,25	0,71	0,28	2,53	2,95	0,33
2005	1,08	1,55	0,25	0,70	0,28	2,69	3,30	0,34
2006	1,12	1,73	0,27	0,71	0,28	2,79	3,84	0,33
2007	1,18	1,80	0,28	0,72	0,28	2,83	4,05	0,35
2008	1,21	1,80	0,29	0,71	0,28	2,81	4,02	0,35
2009	1,23	1,87	0,33	0,68	0,27	2,85	4,28	0,35
2010	1,24	1,82	0,34	0,67	0,28	2,75	4,14	0,39
2011	1,33	1,84	0,35	0,67	0,29	2,82	4,11	0,51
2012	1,37	1,66	0,33	0,65	0,30	2,54	3,66	0,45
2013	1,41	1,41	0,34	0,69	0,29	2,22	2,92	0,58
2014	1,44	1,48	0,35	0,70	0,30	2,41	3,02	0,65
2015	1,46	1,58	0,43	0,69	0,31	2,64	3,27	0,72
2016	1,48	1,66	0,44	0,70	0,33	2,74	3,49	0,75
2017	1,53	1,71	0,46	0,75	0,34	2,75	3,54	0,78
2018	1,57	1,75	0,47	0,73	0,33	2,75	3,67	0,79
2019	1,59	1,77	0,48	0,74	0,34	2,73	3,69	0,80
2020	1,69	1,79	0,50	0,70	0,35	2,88	3,75	0,80

Mekanizasyon düzeyinin belirlenmesi için kullanılan dördüncü kriter ise ortalama traktör gücü değeridir. Bu kriter için hesaplanan veriler Şekil 6'da görülmektedir. Türkiye ortalaması ve Niğde iline ait veriler incelendiğinde, yıllar içerisinde oluşan değişimin paralellik gösterdiği görülmektedir. Ortalama traktör gücü değeri, ilçeler düzeyinde incelendiğinde ise Altunhisar, Bor, Çamardı ilçeleri Türkiye ve Niğde ili değerlerinden yüksek olmasına rağmen, Çiftlik, Merkez ve Ulukışla ilçelerinde altında kalmaktadır. Altunhisar, Çiftlik ve Ulukışla ilçelerindeki değerler azalma eğiliminde iken Bor ve Çamardı ilçelerindeki değerler yükselme eğilimindedir. Merkez ilçedeki değişim ise küçük oranlara sahip olarak artış eğilimindedir.





Şekil 6. Türkiye, Niğde ili ve ilçeleri için ortalama traktör gücü (kW).

#### 4. SONUÇ

Çalışmada Niğde ili ve ilçelerine ait tarımsal üretim alanları, tarım ürünleri üretim değerleri, tarımsal faaliyetlerde kullanılan traktörler ve tarım makinaları incelenmiştir. Makinalar kullanım amaçlarına göre gruplara ayrılmış ve gruplar kendi aralarında değerlendirilmiştir. Tüm ürün grupları, üretim alanları, traktörler ve kullanılan makinalar ilçeler ve il geneli için toplam değerler dikkate alınarak incelenmiştir. Tarımsal üretim yapılan alanlarda yetiştirilen ürünlerde görülen değişime bağlı olarak kullanılan traktör ve tarım makinalarına yansıdığı görülmektedir.

Niğde ili genelinde, 2004 yılı verileri 2020 yılı verileri ile karşılaştırıldığında toplam tarım alanları %0,97 oranında artmıştır. Tahıllar ve diğer bitkisel üretim yapılan alanlar baz alınan yıla göre %0,06'lık bir artış gösterirken nadasa bırakılan alanlarda %7,03 oranında azalma görülmüştür. Meyve, içecek ve baharat bitkileri yetiştirilen alanlar %14,65 oranında artmıştır. Sebze yetiştirilmek için kullanılan alanlar 2004 yılından bu yana %86,76 oranıyla en büyük artışın görüldüğü alan olmaktadır. Sebze üretimi yapılan alanlarda en yüksek artış görülmesine rağmen; Niğde ili ve ilçelerine ait veriler incelendiğinde, bu üretim grubunun en düşük orana sahip alan olduğu görülmektedir. Niğde ili ve ilçelerinde sebze üretim alanlarındaki oranın düşük kalmasının en büyük sebebi Türkiye ortalamasının altında düşen yağışlar ve kısıtlı sulama imkanlarıdır.

Tarımsal üretim yapılan alanlar incelendiğinde, Niğde ili ve ilçelerinde en çok tahıl (buğday, arpa, çavdar, yulaf) ve diğer bitkisel ürünler (patates, şeker pancarı, fasulye (kuru), nohut (kuru)), sebze (lahana, domates (salçalık), soğan (kuru) ve kabak (çerezlik)), meyve (elma, üzüm, kiraz ve kayısı), baharat bitkileri (badem ve ceviz) olduğu görülmektedir. Bu ürünlerden en çok üretilen ürünler buğday, çavdar, fasulye(kuru), patates, elma ve lahanadır. Niğde ili ve ilçelerindeki ekili alanlar Türkiye'deki ekilen alanlar ile karşılaştırıldığında, buğday %0,97, çavdar %14,38, fasulye (kuru) %16,58, patates %12,35, elma %13,76 ve lahana %13,80 oranlarına sahiptir.

Tarım alanlarındaki artış beraberinde traktör ve tarım makinaları kullanımında ve çeşitliliğinde artışa yol açmıştır. Niğde ili ve ilçelerinde kullanılan traktörlerin sayısı incelendiğinde, toplam sayıda %32,32 oranında artış olduğu görülmektedir. Bu sayı artışının yanı sıra traktörlerin güç dağılımlarında da değişiklik oluşmuştur. Tek akslı traktörlerin her iki güç grubunun sayılarında artış görülmüştür. Çift akslı traktörlerde ise güç grubunun 1-24 BG arasından 51-70 BG üzeri traktör grubuna kaydığı görülmektedir. Özellikle 51-70 BG arası ve 70 BG üzerindeki traktörlerdeki artış sırasıyla %56,77 ve %149,12 oranlarındadır. Yüksek güçlü traktörlerin kullanımındaki artış, tarımsal üretim işlemleri için kullanılan makinelerin ağırlıklarının ve güç ihtiyaçlarının arttığı bir göstergesidir.

Tarım makinaları ve çeşitlerine ait veriler incelendiğinde, kullanılan makinaların yetiştirilen ürünlere göre şekillendiği görülmektedir. Toprak işleme makinalarında kulaklı traktör pulluğu, kültivatör ve dipkazan, ekim-dikim makinalarında kombine hububat ekim makinası, üniversal ekim makinası, patates dikim makinası ve fide dikim makinası öne çıkmaktadır. Bu gruptaki makinaların artış oranları incelendiğinde sırasıyla %16,19, %35,21, %66,82, %74,80, %85,96, %23,90 ve %500 olarak hesaplanmıştır. Bu makineler içerisinde artışın en yüksek olduğu makine tipi pnömomatik ekim makinasıdır. Gübreleme, bakım ve ilaçlama makinalarında ara çapa makinesi, kimyevi gübre dağıtma makinesi ve kuyruk milinden hareketli pülverizatör öne çıkmaktadır. Bu gruptaki makinaların artış oranları sırasıyla %17, %17 ve %25'tir. Hasat ve harman makinalarında biçerdöver, patates söküm makinası ve mısır silaj makinasındaki artışlar yüksektir. Artış oranları sırasıyla

%321, %7,27 ve %1414,28'dir. Sulama makinaları incelendiğinde derin kuyu pompaları (%7,70) ve elektropomplarda (%7,66) artış görülürken, sulama sistemlerinde damla sulama (%2270,97) ve yağmurlama sulama (%8,33) da artış görülmüştür.

Altunhisar ilçesi, arpa, buğday, burçak, yonca, salçalık biberi, karpuz, kavun, üzüm, zerdali ve badem gibi tarımsal ürünler yetiştirilmektedir. Bu ürünler göz önünde bulundurularak tarım makinaları parkını kulaklı traktör pulluğu, toprak frezesi, merdane, hububat ekim makinası, kombine hububat ekim makinası, fide dikim makinası, biçerdöver, balya makinası, çayır biçme makinası ve mısır silaj makinası oluşturmaktadır. Traktör sayısının en az olduğu ilçe olan Altunhisar'da biçerdöverlerin yaş aralığının en düşük olduğu ilçe konumundadır.

Bor ilçesi, Niğde ili ve ilçeleri arasında tarım alanları, traktörler ve tarım makinaları açısından ikinci ilçesi konumundadır. Bu ilçede sebze ve şeker pancarı (%79,90) üretimi ağırlıktadır. Sebzelerden lahana, karpuz, kavun üretimi, meyvelerden ise üzüm, elma ve kayısı üretimi çoğunluktadır. Tahıllardan ise fiğ, triticale, yonca, mısır silajı gibi hayvan yemi amacıyla üretilen ürünler ağırlıktadır. Bor ilçesi ayrıca örtüaltı tarımın %95'lik kısmının gerçekleştiği ilçedir. Pancar üretiminin yaygın olmasında ilçede şeker fabrikasının bulunması etkilidir. Biçerdöverlerin yaş aralığının en düşük olduğu bir diğer ilçe ise Bor'dur. Toplam traktör sayısı ve 70 BG üzerindeki traktör sayısında il genelinde ikinci sırada yer almaktadır. Bor ilçesinde ikincil toprak işleme makinası, universal ekim makinası, pancar sökme ve mısır silaj makinası sayıları yüksektir.

Çamardı ilçesinde buğday, arpa, çavdar, korunga, nohut, yulaf, taze fasulye, hıyar, erik, kayısı, kiraz, vişne, zerdali gibi ürünler yetiştirilmektedir. İlçe tarım alanları açısından üçüncü sırada yer almaktayken, tarım makinaları sayısı ve çeşitleri açısından en son sırada yer almaktadır. Traktör sayısının en az olduğu ikinci ilçe durumundadır.

Çiftlik ilçesi tarım alanları açısından en küçük ilçedir. Çavdar, burçak, patates, taze barbunya, domates, çerezlik kabak, lahana, kuru soğan ve sarımsak üretimi yapılan ilçede meyve üretimi il genelinde en düşük seviyededir. İlçede tarım alanları düşük olmasına karşın traktör sayısı ve güç aralığı (35-70 BG arası) en yüksek ilçeler arasında yer almaktadır. Biçerdöver sayılarına bakıldığında il genelinde beşinci sırada yer alan ilçedeki biçerdöver yaş ortalaması 6-20 yaş aralığındadır. Patates dikim ve söküm makinaları açısından ilçe il bazında ikinci durumdadır.

Merkez ilçe Niğde ili ve ilçeleri arasında tarım alanları, traktör ve tarım makinaları sayıları açısından birinci ilçedir. İlçede yetiştirilen ürünler tahıllar ve diğer bitkisel ürünler (buğday, arpa, burçak, fiğ, yonca, yulaf, silajlık mısır, nohut), sebzeler (domates, kabak, lahana, kuru soğan ve sarımsak), meyveler (elma, üzüm, kayısı, ceviz, armut)'dir. Bu ürünler içerisinde patates, fasulye(kuru), elma ve üzüm için ilde üretim gerçekleştirilen alanlardaki oranı sırasıyla %67,18, %88,53, %35,50 ve %23,06'dır. Merkez ilçe traktör sayısının en çok olduğu ilçe konumunda olmasına karşın 70 BG üzeri traktörlerden yer almamaktadır. Traktör sayısı 35-50 BG ve 51-70 BG arasına yığılmış durumdadır. Yaş aralığı orta grupta (6-20 yaş aralığı) Biçerdöverler yer almaktadır. İlaçlama makinaları açısından sırt pülverizatörü ve kuyruk mili hareketli pülverizatörlerin en çok bulunduğu ilçedir. Sulama makinaları ve sistemlerinin sayısı en çok olan ilçede derin kuyu pompaları ve yağmurlama sulama sistemleri yaygın olarak kullanılmaktadır.

Ulukışla ilçesinde arpa, buğday, çavdar, korunga, nohut, sarımsak0kuru, fasulye0taze, vişne, zerdali, armut gibi tarımsal ürünler yetiştirilmektedir. 70 BG üzerindeki traktörlerin sayısı il genelinde en fazladır. İlçedeki traktörler 50 BG ve üzerindeki grupta yoğunlaşmıştır. İkincil toprak işleme makinaları, hububat ekim ve kombine hububat ekim makinalarının kullanımı yaygındır. Biçerdöver sayısı en çok olan ilçe, en yaşlı biçerdöverlere sahiptir. Balya makinası ve motorlu tırpan sayısının yaygın olduğu ilçede ilaçlama motorlu ve sırt pülverizatörü ile yapılmaktadır.

Niğde ili ve ilçelerine ait tarımsal mekanizasyon verileri incelendiğinde, Niğde il genelinde traktör başında düşen tarım alanı (ha/traktör) kriteri açısından Niğde ili ile Merkez ve Çiftlik ilçeleri Türkiye ortalamasının altında kalmaktadır. Bu iki ilçe traktör sayısının en yüksek olduğu iki ilçe konumunda olması sebebiyle bu durum ortaya çıkmaktadır. Birim alana düşen traktör sayısı (traktör/1000 ha) kriteri için Niğde il ortalaması Türkiye ortalaması değerinden yüksek çıkmaktadır. İlçeler düzeyinde incelendiğinde ise Merkez ilçe en yüksek tarımsal üretim alanı ve traktör sayısı değerlerine sahiptir. Birim alana düşen traktör gücü sayısı (kW/ha) kriteri incelendiğinde Niğde ili Türkiye ortalamasının üzerinde bir değere sahiptir. Ortalama traktör gücü (kW) değeri incelendiğinde ise Niğde ilinin Türkiye ortalamasında yakın değerlerde olduğu görülmektedir.

Son on altı yıldaki Niğde ili ve ilçelerine ait verilere göre tarımsal üretim alanları, traktör ve tarım makine sayılarında artış olduğu görülmektedir. Üreticilerin teknolojik yenilikleri ile yeni üretim yöntem ve tekniklerini takip ederek uygulamaya çalıştıkları anlaşılmaktadır. Bu durum makine sayılarındaki ve çeşitliliğindeki artış, traktör güç dağılımının değişmesi ve mekanizasyon düzeyindeki artış ile de desteklenmektedir. Yeni teknolojilerin ve tekniklerin üreticilerce daha çok benimsenmesi ve kullanımının artması için verilecek teşvikler, eğitimler ve bilgilendirmeler yaygınlaşmanın gerçekleşmesini sağlayacaktır. Ayrıca üreticilerin sürdürülebilir tarım ve hassas tarım uygulamaları açısından eğitilmesi ve bilgi düzeylerinin artırılması gereklidir. Bu kapsamda yapılacak olan bilimsel çalışmalar da büyük önem arz etmektedir.

## KAYNAKLAR

- Abdikoğlu, D.İ., 2020. Trakya Bölgesinde Tarımsal Mekanizasyon Düzeyinin İllere Göre Belirlenmesi. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg.*, 22(6): 8650871. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.548701
- Akar M., Çelik A. 2017. Muş Ovası Tarım İşletmelerinin Tarımsal Mekanizasyon Özellikleri. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 4(4): 4910498.
- Altıkat S. ve Çelik A. 2009. Erzurum ilinin tarımsal mekanizasyon özellikleri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 40 (2): 57-70.
- Altuntaş E. 2016. Türkiye'nin Tarımsal Mekanizasyon Düzeyinin Coğrafi Bölgeler Açısından Değerlendirilmesi. *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknolojileri Dergisi*, 4(12): 11570 1164.
- Aslantürk B., ve Altuntaş E. 2018. Malatya ilinin tarımsal mekanizasyon düzeyi. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 7 (2): 15026.
- Aybek A., Kuzu H. ve Karadöl H. 2020. Türkiye'nin ve Tarım Bölgelerinin Tarımsal Mekanizasyon Düzeyindeki Değişimlerin Son On Yıl (201002019) ve Gelecek Yıllar (202002030) İçin Değerlendirilmesi. *KSÜ Doğa Bil. Derg.*, 24 (2): 3190336. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.747163>
- Bal M. ve Altuntaş E. 2018. Çorum ilinin ayçiçeği tarımı yapan işletmelerinin mekanizasyon düzeyinin belirlenmesi. *Selçuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 32 (3): 3810393.
- Baran M.F., Gökdoğan O. ve Durgut, M.R. 2014. Batı Marmara Bölgesi'nin Tarımsal Mekanizasyon Özellikleri. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 1(4): 5610567.
- Bayramoğlu Z. 2010. Tarımsal Verimlilik ve Önemi. *Selçuk Üniversitesi Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 24(3): 52061.
- Berk A. ve Keskin A.H. 2020. Tarım İşletmelerinde Traktör Kullanım Durumu ve Marka Tercihleri; Konya İli Çumra İlçesi Örneği. *Ziraat Mühendisliği*, 370: 4017. DOI: 10.33724/zm.710528
- Bilim C., Korucu T., Semerci, T. 2014. Gaziantep İlinin Tarımsal Mekanizasyon Özellikleri. *KSÜ Doğa Bil. Derg.*, 17(2): 14023.
- Bozkurt M.ve Aybek A. 2016. Şanlıurfa İli Harran Ovasının Tarımsal Yapı ve Mekanizasyon Özellikleri. *KSÜ Doğa Bil. Derg.*, 19(3): 3190331.
- Comart A. ve Akıncı İ. 2017. Antalya ili tarım işletmelerinin tarımsal yapı, üretim ve mekanizasyon özelliklerinin belirlenmesi. *Mediterranean Agricultural Sciences*. 30(3): 2270234. <https://doi.org/10.29136/mediterranean.359840>
- Eryılmaz T., Gökdoğan O., Yeşilyurt M.K. 2014. Yozgat İlinin Tarımsal Mekanizasyon Durumunun İncelenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 1(2): 2620268.
- Eryılmaz T., Gökdoğan O., Yeşilyurt M.K., Ercan K. 2013. Nevşehir İlinin Tarımsal Mekanizasyon Özellikleri. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10(2): 106.
- Gökdoğan O. 2013. Hakkâri İlinin Tarımsal Mekanizasyon durumu. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*. 1(1):980101.
- Işık A., Atun İ. 1998. Şanlıurfa-Harran Ovasında Tarımsal Yapı ve Mekanizasyon Özellikleri. *TR. J. of Agriculture and Forestry*. 22: 1510160.
- Kaya E., Örs A. 2020. Evaluation of Agricultural Mechanization Level of Karaman Province. *Turkish Journal of Agriculture 0 Food Science and Technology*, 8(1): 2600265.
- Koçtürk D., Onurbaş Avcıoğlu A. 2007. Türkiye'de bölgelere ve illere göre tarımsal mekanizasyon düzeyinin belirlenmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 3 (1): 17024.
- Korucu T., Aybek A., Sivrikaya F., Gürlek E., Mert C., Kozak B. 2015a. Kahramanmaraş İlinin Tarımsal Mekanizasyon Düzeyinin Haritalanması ve Değerlendirilmesi. *KSÜ Doğa Bil. Derg.*, 18(2): 10024.
- Korucu T., Aybek A. ve Sivrikaya F. 2015b. Türkiye'nin Tarım Bölgeleri Bazında Mekanizasyon Düzeyinin Yersel Değişim Haritalarının Oluşturulması ve Değerlendirilmesi. *KSÜ Doğa Bil. Derg.*, 18(4): 77090.
- Malaslı M.Z., Palta Ç., Argon Z.Ü. 2020. KOP Bölgesi'nin Tarımsal Mekanizasyon Özellikleri. *Turkish Journal of Agriculture – Food Science and Technologies*, 8(4), s 8260832.
- Özpinar S., Ürkmez Ü. 2017. Determination of Structural Properties of Agriculture in Çanakkale Province. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 14(01): 1030113.
- Sağlam C., Kuş Z.A. 2016. Orta Anadolu Bölgesi İllerinde Tarımsal Mekanizasyon Düzeyinin Yıllara Göre Değişimi, *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi TARGİD Özel Sayı*, s. 3640371.
- Semerci A. 2019. Çanakkale İlinde Tarım Sektörünün Genel Yapısı. *ADÜ Ziraat Dergisi*, 16(1): 1130121. <https://doi.org/10.25308/aduziraat.473857>
- Sessiz A., Turgut M.M., Pekitkan F.G., Esgici R. 2006. Diyarbakır İlindeki Tarım İşletmelerinin Tarımsal Yapı ve Mekanizasyon Özellikleri. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*. 2(1): 87093.
- Yıldız C., Erkmen Y. 2004. Erzurum İli Pasinler İlçesi Tarımsal Yapı ve Mekanizasyon Durumu. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 35 (102): 59063.
- MGM, 2021. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il0ve0ilceler0istatistik.aspx?m=NIGDE> (Erişim tarihi:01.03.2021)
- TÜİK, 2021a. Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=nufus0ve0demografi0109&dil=1> (Erişim Tarihi: 09.03.2021).
- TÜİK, 2021b. Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr> (Erişim Tarihi: 08.03.2021).

TÜİK, 2021c. Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr> (Erişim Tarihi: 08.03.2021).

TÜİK, 2021d. Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr> (Erişim Tarihi: 08.03.2021).

TÜİK, 2021e. Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr> (Erişim Tarihi: 08.03.2021).

URL-Niğde Belediyesi, 2021. Niğde Belediyesi, Niğde. <http://hal.nigde.bel.tr/haberler&v=nigde0ilimizin0tarimsal0yapisi#:~:text=Ni%C4%9Fde%20ilinde%20Tar%C4%B1m%2C%20halk%C4%B1m%C4%B1z%C4%B1n%201.sekt%C3%B6r%C3%BCn%C3%BCnki%20ise%20%49'dur.&text=%C4%B0limiz%20tar%C4%B1m%20arazisinin%20en%20%C3%B6nemli.Bor%20Emen%20ovalar%C4%B1%20te%C5%9Fkil%20etmektedir.> (Erişim Tarihi: 09.03.2021).

URL-Niğde il Haritası, <http://cografyaharita.com/haritalarim/4l0nigde0ili0haritasi.png> (Erişim Tarihi: 09.03.2021)

## Farklı Mürdümük Çeşitlerine Ait Tohumların Bazı Biyoteknik Özelliklerinin Belirlenmesi

### Determination of Some Biotechnical Properties of Seeds of Different Grass Pea Cultivars

Esra Nur Gül<sup>1\*</sup>, Ebubekir Altuntaş<sup>1</sup>, Mahir Özkurt<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Tokat, Türkiye.

<sup>2</sup> Muş Alpaslan Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Fakültesi Bitkisel Üretim ve Teknolojileri Bölümü, Muş, Türkiye.

\* Corresponding author (Sorumlu Yazar): E.N. Gül, e-mail (e-posta): [gulesranur1@gmail.com](mailto:gulesranur1@gmail.com)

#### Makale Bilgisi

Alınış tarihi : 06 Ekim 2021  
Düzeltilme tarihi : 23 Kasım 2021  
Kabul tarihi : 27 Kasım 2021

#### Anahtar Kelimeler:

Mürdümük  
Fiziksel Özellikler  
Boyut  
Yüzey Alanı  
L\*, a\*, b\* Renk Karakteristikleri

#### Article Info

Received date : 06 October 2021  
Revised date : 23 November 2021  
Accepted date : 27 November 2021

#### Keywords:

Grass Pea  
Physical Properties  
Size  
Surface Area  
L\*, a\*, b\* Colour Characteristics

#### ÖZET

Bu çalışmada; Eren, İptaş ve Karadağ çeşitlerine ait mürdümük tohumlarının bazı biyoteknik (fiziksel özellikleri, renk karakteristikleri ve mekanik davranışları) incelenmiştir. Eren, İptaş ve Karadağ mürdümük çeşitlerinin nem içerikleri sırasıyla %7.37, %7.23 ve %8.20 (k.b) olarak belirlenmiştir. Mürdümük çeşitlerinin fiziksel özellikleri içinde geometrik özellikler, hacimsel özellikler, renk karakteristikleri ile birlikte farklı hız ve eksenlerdeki mekanik davranışları incelenmiştir. L\* parlaklık renk karakteristiği, İptaş çeşidinde diğer çeşitler göre daha yüksek (55.76) bulunmuştur. Çeşitlere ait tohumların sıkıştırma testleri; kırılma kuvveti, deformasyon, kırılma enerjisi, sertlik ve kırılma gücü parametreleri; 20, 40 ve 60 mm min<sup>-1</sup> yükleme hızlarında uzunluk, genişlik ve kalınlık yükleme eksenleri için belirlenmiştir. İptaş çeşidinde kırılma kuvveti (224.20 N) değerleri, diğer çeşitlere göre daha yüksek; eksenlere göre kırılma kuvveti değerleri ise en yüksek kalınlık ekseninde (220.62 N) bulunurken, en düşük ise uzunluk ekseninde (164.13 N) belirlenmiştir. Mürdümük tohumlarının ekim, hasat ve hasat sonrası işlemler ve teknolojik uygulamalarda temizlenmesi, ayıklanması, işlenmesi ve kaliteli bir son ürün için tohumların biyoteknik özelliklerinin belirlenmesi önem taşımaktadır.

#### ABSTRACT

In this study; some biotechnical properties (physical properties, color characteristics and mechanical behavior) of seeds of grass pea for Eren, İptaş and Karadağ cultivars were investigated. Moisture contents of Eren, İptaş and Karadağ grass pea cultivars were determined as 7.37%, 7.23% and 8.20% (d.b) respectively. Geometrical properties, volumetric properties, color characteristics and mechanical behavior at different speeds and axes were investigated. It was determined that the L\* brightness characteristic were higher (55.76) in the İptaş cultivar than the other cultivars. As the compression tests of seeds of cultivars; rupture force, deformation, rupture energy, hardness and rupture power parameters the compression axes at 20, 40 and 60 mm min<sup>-1</sup> compression speeds for the length, width and thickness were determined. Rupture force (224.20 N) values in İptaş cultivar are higher than other cultivars and the rupture force values according to the axes were found to be the highest for the thickness axis (220.62 N), while the lowest was determined for the length axis (164.13 N). It is important to determine the biotechnical properties of the grass pea seeds for cleaning, sorting, processing and for a quality final product in sowing, harvesting and post-harvest processes and technological applications.

## 1. GİRİŞ

Tahıllardan sonra ikinci en önemli besin kaynağı baklagillerdir (Maphosa ve Jideani, 2017; Martín-Cabrejas, 2019). Baklagiller, yalnızca yüksek protein içeriği ve biyoaktif bileşikleri için değil, aynı zamanda ekonomik olarak özellikle fakir bölgelerde ucuz protein kaynağı olması, ekolojik olarak ise toprağı azot bakımından zenginleştirme açısından önemlidir (Martín-Cabrejas, 2019). Ayrıca kuraklığa dayanıklı olması (Tekele-Haimanot ve ark., 1990), hastalık ve zararlılara karşı toleranslı olması (Talukdar ve Biswas, 2008) gibi avantajlı yönleri ile hem yem hem de tohum verimi için yetiştirilmektedir.

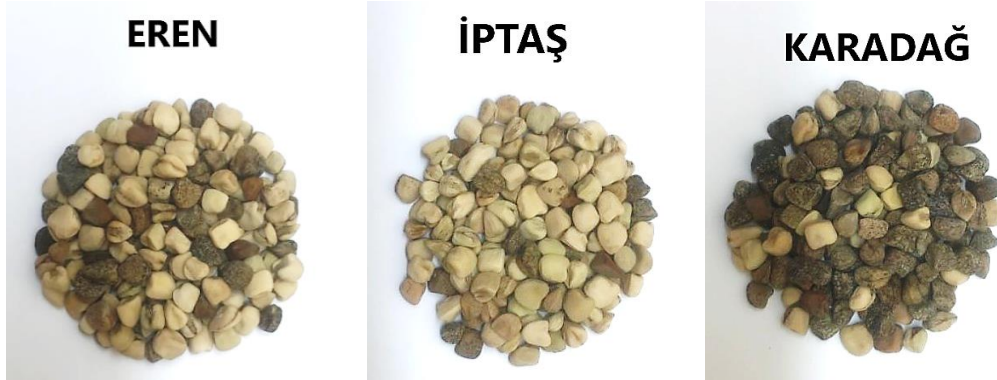
Mürdümük (*Lathyrus sativus* L.), yaygın olarak tane yem, yeşil ot ve kuru ot olarak hayvan beslenmesinde; toprak yapısının iyileştirilmesinde yeşil gübre bitkisi olarak, yemeklik tane baklagil ve sebze olarak insan diyetinde kullanılabilen bir bitkidir (Karadağ, 2009). Ülkemizde kaliteli kaba yem açığının kapatılmasında gerek saf, gerekse buğdaygillerle karışık şekilde mürdümük yetiştiriciliğı yapılmaktadır (Sayar, 2014).

Ülkemizde TÜİK verilerine göre, 2015 yılında 11 605 dekar alandan 1202 ton mürdümük üretimi gerçekleşmiş ve verim 104 kg da<sup>-1</sup> olmuştur. 2020 yılında ise 14 820 dekar alandan 1662 ton üretim gerçekleşmiş ve verim ise 112 kg da<sup>-1</sup>'a çıkmıştır (TÜİK, 2021).

Mürdümük konusunda birçok araştırma yürütülmüştür. Sarajeh ve ark. (2014), mürdümük tohumlarının neme bağlı olarak bazı fiziksel özelliklerinin değişimini; Lakra ve Patel (2021), mürdümük tohumlarının fiziko-kimyasal özelliklerini incelemişlerdir. Bu çalışmada; Türkiye'ye özgü üç farklı mürdümük çeşidinin (*Eren*, *İptaş* ve *Karadağ*) bazı fiziksel ve renk karakteristikleri ile mekanik davranışları bir arada incelenmiş ve karşılaştırılmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOT

Çalışmada materyal olarak kullanılan mürdümük tohumları, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü tarafından 2016 yılında Tokat ilinde yürütülen bir çalışmadan elde edilmiştir. Çalışmada 08.04.2013 tarihinde tescil edilen üç farklı mürdümük çeşidi (*Eren*, *İptaş*, *Karadağ*) kullanılmıştır (Şekil 1). Çalışmanın yürütüldüğü 2016 yılı dönemine (Mart-Temmuz) ait ortalama sıcaklık 13.3<sup>o</sup>C, ortalama bağıl nem %59.3 ve ortalama toplam yağış miktarı ise 399.4 mm'dir. Deneme alanı toprakları organik madde yönünden zayıf, kireç bakımından zengin olduğu killi-tın, alkali, potasyum yönünden ise zengin bir toprak özeliğine sahiptir (Aydeniz ve Brohi, 1991). Mürdümük tohumları hasattan sonra depolanmıştır. Depo sıcaklığı 18.5 <sup>o</sup>C nemi % 47'dir. Mürdümük çeşitlerine ait tohumlarla ilgili bazı fiziksel ve renk karakteristikleri ile mekanik davranışları ile ilgili denemeler, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü Biyolojik Malzeme Laboratuvarında yürütülmüştür. Bu çalışmada incelenen tüm özellikler için yapılan ölçüm ve analizler için, örneklerden kırık ve zarar görmüş olanlar deneme harici tutulmuştur.



Şekil 1. Çalışmada kullanılan mürdümük çeşitlerine ait örnekler.

Mürdümük çeşitlerine ait örneklerin nem içerikleri; tohumların etüvde 105±1<sup>o</sup>C sıcaklıkta 24 h kurutulmasıyla kuru baza göre belirlenmiştir (Suthar ve Das, 1996). Buna göre, *Eren*, *İptaş* ve *Karadağ* çeşitlerinin nem içerikleri sırasıyla %7.37, %7.23 ve %8.20 olarak belirlenmiştir.

Mürdümük çeşitlerine ait tohumlarda fiziksel özelliklerin belirlenmesi için 100'er adet tohum alınarak uzunluk (*L*), genişlik (*W*) ve kalınlık (*T*) değerleri 0.01 mm hassasiyetli dijital kumpas yardımı ile ölçülmüştür. Tohumlar, 0.001 g hassasiyetli dijital hassas elektronik teraziyle tartılarak tek tohum ağırlıkları belirlenmiştir. 1000-tane ağırlığı; 3 tekrarlı 100 adet tohumun ağırlıkları kullanılarak hesaplanmıştır. Çeşitlere ait tohumların geometrik ortalama çap (*GÇ*) ve küresellik (*KR*); yüzey alanı (*YA*), tane hacmi (*TH*) aşağıdaki eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır (Mohsenin, 1980).

$$GÇ = (LWT)^{1/3} \quad (1)$$

$$KR = (GÇ/L)100 \quad (2)$$

$$YA = \pi(GÇ)^2 \quad (3)$$

$$TH = \pi/6(LWT) \quad (4)$$



Çeşitlerin gerçek hacim ağırlığının (*GHA*) belirlenmesinde sıvı yer değiştirme yönteminden yararlanılmıştır (Mohsenin, 1980). Akışkan sıvı olarak suya göre absorbe özelliği daha az olan Toluene sıvısı kullanılmıştır (Saçılık ve ark., 2003). Yığın hacim ağırlığının belirlenmesinde (*YHA*) ise hektolitre yöntemi uygulanmıştır. Porozite (boşluk oranı) değeri (*%PR*), Mohsenin (1980)'e göre, *YHA* ve *GHA* değerleri göz önüne alınarak hesaplanmıştır.

Mürdümük tohumlarının renk özellikleri için *CIE L\**, *a\** ve *b\** renk skalaları belirlenmiştir. Minolta, (Model CR-400, Tokyo, Japonya) renk ölçer cihazı kullanılmıştır. Renk skalasına göre kırmızılık-yeşillik (*a\**) değeri, sarılık-mavilik (*b\**) değeri ölçümü yanında kroma değeri  $KRM=(a^{*2}+b^{*2})^{1/2}$  formülü ile hesaplanmıştır (McGuire, 1992). Ürünün kroma değeri (*KRM*) tohumların canlı ya da pastel tonuyla ilgili bir belirteç olup pastel tonlar, 0 değerine, canlı tonlar ise 100 değerine yakındır (Günaydın, 2020). Renk karakteristiklerinden Hue açısı değeri ise  $h^{\circ}=\tan^{-1} b^{*}/a^{*}$  formülü ile belirlenmiştir (McGuire, 1992).

Mürdümük tohumlarının mekanik özellikleri için farklı sürtünme yüzeyleri olarak PVC, laminant, kontrplak ve lastik materyaller kullanılmıştır. Statik sürtünme katsayıları, sürtünme ölçüm düzeni kullanılarak belirlenmiştir. Sürtünme katsayısı değeri ( $\mu$ ) bir kol ile eğilendirilen yüzeyden tohumların harekete başladığı andaki eğim açısı ( $\tan\alpha$ ) dikkate alınarak hesaplanmıştır (Yılmaz ve Altuntas, 2020).

Mekanik özelliklerden doğal yığılma açısı (*DYA*) için 300 mm çap ve 500 mm yükseklik ölçülü üstten ve alttan açık olan bir silindir kullanılmıştır. Silindir tohumlar ile tepeleme doldurulup, bir düz plaka yüzey üzerinde bir koni oluşturana kadar yavaşça yükseltilmiştir. Oluşan koninin eğim açısı, doğal yığılma açısı olarak belirlenmiştir. (Kaleemullah ve Gunasekar, 2002).

$$DYA = \tan^{-1}(h/r) \quad (5)$$

Burada, *h* koni yüksekliği (cm) ve *r* koni taban yarıçapını (cm) göstermektedir.

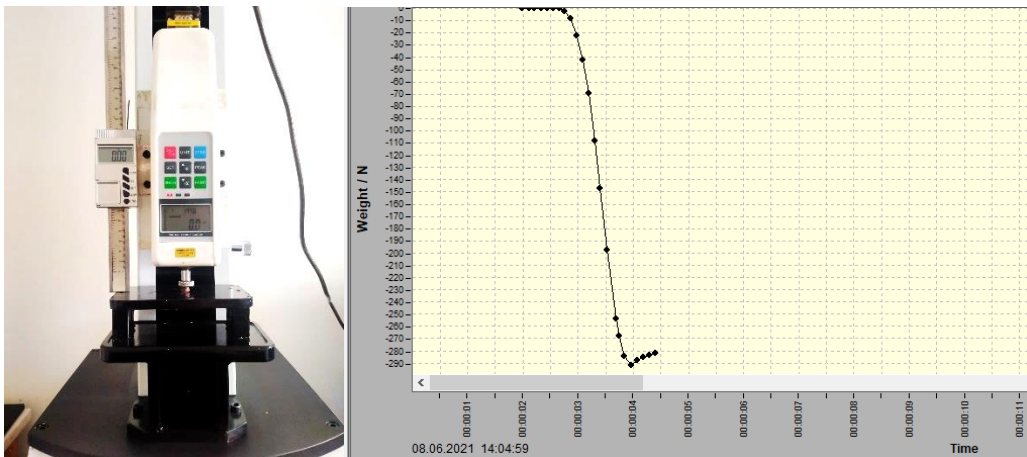
Mürdümük tohumlarının mekanik özellikleri kapsamında sıkıştırma testi ölçümleri için, biyolojik materyal test ölçüm cihazı kullanılmış olup, bir bilgisayar programıyla çalıştırılmakta olan bu cihaz, bası ve çeki dinamometresi (Sundoo çeki dinamometresi (Model SH-500, 0.1 N hassasiyetli, Çin), dijital hız ünitesi, bir ölçüm cetveli standına sahip motorlu ve otomatik kontrollü bir cihazdır. Farklı mürdümük çeşitlerine ait tohumların üç farklı eksen (uzunluk, genişlik, kalınlık) ve üç farklı hızdaki ( $20 \text{ mm min}^{-1}$ ,  $40 \text{ mm min}^{-1}$ ,  $60 \text{ mm min}^{-1}$ ) kırılma kuvveti (*KK*), test cihazı üzerinden grafik olarak alınabilmektedir (Şekil 2). Biyolojik materyal test cihazında bulunan hız ayarlama ve sabitleme paneli ile belirlenen hızlar sabit tutularak değerler okunmaktadır. Kırılma enerjisi (*KE*), sertlik (*SR*) ve kırılma gücü (*KG*) değerleri ise aşağıdaki eşitlikler yardımıyla belirlenmiştir (Khazaee ve ark., 2002; Altuntas ve ark., 2010).

$$KE = (KK \cdot DF) / 2 \quad (6)$$

$$SR = KK / DF \quad (7)$$

$$KG = \left[ \frac{KE \cdot HZ}{60000 DF} \right] \quad (8)$$

Eşitliklerde; *SR*: Sertlik *KE*: kırılma enerjisi (N mm), *KK*: kırılma kuvveti (N), *DF*: Deformasyon (mm), *KG*, kırılma gücü (*W*); *HZ*, yükleme hızı ( $\text{mm min}^{-1}$ ).



Şekil 2. Biyolojik materyal test ölçüm cihazı ve örnek bir test grafiği

Mürdümük çeşitlerine ait hasat sonrası bazı fiziksel özellikler ve renk karakteristikleri ile mekanik davranışlarının belirlenmesinde temel istatistik ölçümler için, ortalama ve standart sapma değerleri bulunmuştur. Çeşitlere ve mekanik testlere yönelik istatistiksel hesaplamalarda üç faktörlü faktöriyel deneme deseni kullanılmıştır. Veriler için varyans analizi öncesi normalite testi yapılarak analiz için uygunluğu belirlenmiştir. Varyans analizlerinde, çeşit karşılaştırmalarında tek yönlü varyans analizi, birden fazla faktörün kullanıldığı mekanik testlerde çok faktörlü varyans analizi yapılmıştır. Tüm varyans analizlerinde, DUNCAN çoklu karşılaştırma testi yapılarak çeşitler ve çok faktörlü uygulamalarda her bir faktörün etkisini belirlemek için *Split File* (veri ayırma ve seçme testi) testi uygulanmıştır (SPSS, 2000).

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

#### 3.1. Fiziksel özellikler

Mürdümük çeşitlerine ait tohumların boyut özellikleri, geometrik ortalama çap, küresellik, yüzey alanı gibi geometrik özelliklerine ait değerler ve varyans analiz sonuçları, Çizelge 1'de verilmiştir. Mürdümük çeşitlerinin uzunluk, kalınlık ve küresellik değerleri çeşitler arasında istatistiksel olarak çok önemli ( $p<0.01$ ) farklılıklar gözlenmiştir. Genişlik, geometrik ortalama çap ve yüzey alanı bakımından çeşitler arasında istatistiksel olarak herhangi bir fark gözlenmemiştir. *Karadağ* çeşidinde uzunluk (7.93 mm), *Eren* çeşidinde ise kalınlık (5.36 mm) diğer çeşitlere göre daha yüksek değerler vermiştir. *Eren* ve *İptaş* çeşitleri küresellik değerleri bakımından (sırasıyla %85.23, %84.98) en yüksek istatistiki grubu oluşturmuşlardır (Çizelge 1). En yüksek küresellik değeri *Eren* çeşidinde hesaplanmıştır.

Çizelge 1. Mürdümük çeşitlerinin geometrik özelliklerine ait istatistiksel sonuçlar

Mürdümük çeşitleri	L (mm)	W (mm)	T (mm)	GÇ (mm)	KR (%)	YA (mm <sup>2</sup> )
<i>Eren</i>	7.70±0.17b**	6.90±0.28 <sup>ns</sup>	5.36±0.11a**	6.55±0.15 <sup>ns</sup>	85.23±0.79a**	135.34±6.42 <sup>ns</sup>
<i>İptaş</i>	7.55±0.15b**	6.87±0.23 <sup>ns</sup>	5.13±0.23b**	6.41±0.17 <sup>ns</sup>	84.98±1.40a**	129.50±6.71 <sup>ns</sup>
<i>Karadağ</i>	7.93±0.25a**	7.03±0.36 <sup>ns</sup>	5.08±0.11b**	6.54±0.19 <sup>ns</sup>	82.56±1.62b**	134.60±7.75 <sup>ns</sup>
<b>F değeri</b>	<b>9.81</b>	<b>0.84</b>	<b>8.79</b>	<b>2.23</b>	<b>12.54</b>	<b>2.07</b>

L: Uzunluk (mm), W: Genişlik (mm), T: Kalınlık (mm), GÇ: Geometrik ortalama çap (mm), KR: Küresellik (%), YA: Yüzey Alanı(mm<sup>2</sup>). ± değerler standart sapmayı göstermektedir. \*\*:  $p<0.01$ , ns: önemsiz. Aynı sütundaki aynı harfler arası fark önemsizdir.

Altuntas ve Karadağ (2006), nem içeriği %15.40 olan mürdümük tohumlarında uzunluk genişlik, kalınlık, geometrik ortalama çap, küresellik ve yüzey alanı değerlerini sırasıyla 5.29 mm, 4.83 mm, 4.29 mm, 5.28 mm, %88.67, 1.37 cm<sup>2</sup> olarak belirlemişlerdir. Sarajeh ve ark. (2014), nem içeriği %10.65 olan *Zanjan* çeşidi mürdümük tohumlarında; uzunluk genişlik ve kalınlık değerlerini sırasıyla 6.34 mm, 5.48 mm, 5.16 mm olarak bildirmişlerdir. Lakra ve Patel (2021), Raipur kentinde yerel marketten alınan mürdümük tohumlarının %7.78 nem içeriğinde uzunluk genişlik ve kalınlık değerlerini sırasıyla 5.20 mm, 4.29 mm ve 3.51 olarak belirlemişlerdir. Çalışmada elde edilen değerlerin, literatürde verilen en düşük ve en yüksek değerler aralığında olduğu bulunmuştur. Şekil ve boyut özellikleri depoların doldurulması, tohumların ayırılması ve sınıflandırılmasında önem arz etmektedir (Alayunt, 2000).

Mürdümük tohumlarının fiziksel özellikleri içerisinde hacimsel özellikleri olarak tek tane ağırlığı, bin tane ağırlığı, tane hacmi, yığın hacim ağırlığı, tane hacim ağırlığı ve poroziteye ait değerler, Çizelge 2'de verilmiştir.

Tek tane ağırlığı, tane hacim ağırlığı ve porozite üzerinde çeşitler arasında istatistiksel olarak çok önemli ( $p<0.01$ ) farklılıklar gözlenmiştir. Bin tane ağırlığı, tane hacmi ve yığın hacim ağırlığı üzerinde çeşitler arası fark gözlenmemiştir. *Eren* ve *Karadağ* çeşitleri tek tane ağırlığı (sırasıyla 0.178 g, 0.177 g) bakımından en yüksek istatistiki grubu oluştururken, *Karadağ* ve *İptaş* çeşitleri ise tane hacim ağırlığı ve porozite değerleri bakımından en yüksek istatistiki grubu oluşturmuştur (Çizelge 2).

Çizelge 2. Mürdümük çeşitlerinin hacimsel özelliklerine ait istatistiksel sonuçları.

Mürdümük çeşitleri	A (g)	BDA (g)	HT (mm <sup>3</sup> )	YHA (kg m <sup>-3</sup> )	GHA (kg m <sup>-3</sup> )	PR (%)
<i>Eren</i>	0.178±0.013a**	176.00±2.40 <sup>ns</sup>	149.57±10.83 <sup>ns</sup>	729.06±25.31 <sup>ns</sup>	935.14±28.22b**	21.97±3.66b**
<i>İptaş</i>	0.160±0.013b**	165.35±6.03 <sup>ns</sup>	140.18±10.95 <sup>ns</sup>	727.55±25.73 <sup>ns</sup>	979.17±42.42a**	25.58±3.90a**
<i>Karadağ</i>	0.177±0.014a**	166.46±5.48 <sup>ns</sup>	148.29±12.90 <sup>ns</sup>	711.62±25.02 <sup>ns</sup>	982.22±41.14a**	27.45±3.70a**
<b>F değeri</b>	<b>6.19</b>	<b>4.27</b>	<b>1.93</b>	<b>2.18</b>	<b>7.28</b>	<b>8.27</b>

A: Tek tane ağırlık (g), BDA: Bin tane ağırlığı (g), H: Tane hacmi (mm<sup>3</sup>), YHA: Yığın hacim ağırlığı (kg m<sup>-3</sup>), GHA: Tane hacim ağırlığı (kg m<sup>-3</sup>), PR: Porozite (%), ± değerler standart sapmayı göstermektedir. \*\*:  $p<0.01$ , ns: önemsiz. Aynı sütundaki aynı harfler arası fark önemsizdir.

Altuntas ve Karadağ (2006), nem içeriği %15.40 olan mürdümük tohumlarında bin tane ağırlığı, yığın hacim ağırlığı, tane hacim ağırlığı ve porozite değerlerini sırasıyla; 88.50 g, 736.58 kg m<sup>-3</sup>, 1273.31 kg m<sup>-3</sup>, %42.03 olarak bildirmişlerdir.

Sarajeh ve ark. (2014), nem içeriği %10.65 olan *Zanjan* çeşidi mürdümük tohumlarında; bin tane ağırlığı, yığın hacim ağırlığı, tane hacim ağırlığı ve porozite değerlerini sırasıyla; 115.27 g, 783.11 kg m<sup>-3</sup>, 2486.6 kg m<sup>-3</sup> ve %68.50 olarak bildirmişlerdir. Lakra ve Patel (2021), %7.78 nem içeriğinde; bin tane ağırlığı, yığın hacim ağırlığı, tane hacim ağırlığı ve



porozite değerlerini sırasıyla; 79.97 g, 848.84 kg m<sup>-3</sup>, 1218.32 kg m<sup>-3</sup> ve %30.84 olarak belirlemişlerdir. Ağırlık tohumun kalitesini belirlemesi bakımından önemlidir. Tohumlar iri taneli ve homojen büyüklükte olduğunda çimlenme ve gelişme hızlı bir şekilde olmaktadır. Bu da ekilen tohumların toprak tabakasını kolayca delmesine olanak sağlamaktadır. Bu bakımdan Eren çeşidinin diğer çeşitlerden avantajlı olduğu görülmektedir (Anonim, 2021c).

Bin tane ağırlığı aynı zamanda kalıtsal bir çeşit özelliğidir. Her bitki türünde iri taneli ve küçük taneli çeşitler bulunduğundan tohumların iriliği ve ağırlığı paralellik arz etmektedir. İri taneli çeşitler en yüksek 1000 tane ağırlığına sahiptirler (Anonim, 2021c). İstatistiki olarak önemli bir fark olmamasına rağmen Eren çeşidinin bin tane ağırlığının diğerlere nazaran fazla olduğu görülmektedir.

Çalışmada bin tane ağırlığı; Lakra ve Patel (2021) ve Altuntas ve Karadağ (2006)'a göre daha düşük değerlerde bulunurken, Sarajeh ve ark. (2014)'nın belirttiği değerlere daha yakın bulunmuştur. Porozite değerlerinin ise literatürde verilen değerlerden düşük olduğu gözlenmektedir. Bunun sebebi olarak da tohumların genetik faktörleri yanında fiziksel özellikleri kapsamında hacimsel özelliklerinin farklılığından kaynaklandığı söylenebilir.

### 3.2. Renk karakteristikleri

Mürdümük çeşitlerinin renk karakteristiklerine ait değerler, Çizelge 3'te verilmiştir. En yüksek  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$ , değerleri İptaş çeşidinde ölçülmüştür. Bu değerler kullanılarak hesaplanan kroma ve hue açısı değerleri de aynı çeşitte yüksek bulunmuştur.  $L^*$ ,  $b^*$ , kroma ve hue açısı renk karakteristikleri üzerine çeşitler arasında istatistiksel olarak  $p<0.01$  düzeyinde farklılık gözlenirken,  $a^*$  renk karakteristiği üzerine çeşitler arası farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı gözlenmiştir. İptaş ve Eren çeşitleri  $L^*$  parlaklık değerleri bakımından en yüksek istatistiki grubu oluşturmuştur.

Çizelge 3. Mürdümük tohumlarının çeşitler bazında renk karakteristiklerine ait istatistiksel sonuçları

Mürdümük çeşitleri	$L^*$	$a^*$	$b^*$	Kroma (KRM)	Hue Açısı (Hu. A)
Eren	51.33±5.47a**	5.13±1.08 <sup>ns</sup>	10.92±3.08b**	12.11±3.08b**	63.90±5.43a**
İptaş	55.76±5.15a**	5.68±1.55 <sup>ns</sup>	13.56±2.30a**	14.79±2.17a**	66.93±6.60a**
Karadağ	44.07±4.46b**	5.75±1.02 <sup>ns</sup>	7.77±2.16c**	9.72±2.11c**	52.80±6.47b**
F değeri	13.70	0.75	12.96	10.34	14.43

± değerler standart sapmayı göstermektedir. \*\*:  $p<0.01$ , ns: önemsiz. Aynı sütundaki aynı harfler arası fark önemsizdir.

Tohum rengindeki değişiklikler tohum olgunlaşma özellikleri ile ilişkilendirilmektedir. Birçok tohum renk ya da yansıtma yeteneği bakımından farklılık göstermektedir (Anonim, 2021a). Renk ayırımı özellikle büyük taneli ürünlerde tohum işlemede çok kullanılmaktadır. Elektronik renk ayırıcılar, renk ayırımını yapan makinalardır. Bu tip makinalarda her tohum elektronik ayırıcıdan geçer ve bu geçiş sırasında tohumlar elektronik unsurlar ya da verilmiş esas renkle karşılaştırılmaktadır. Eğer tohumun rengi ya da yansıtması uygun ise, tohumun çıkış kanalına doğru hareketine izin verilir (Anonim, 2021b).

### 3.3. Mekanik davranışları

Mekanik özelliklerin belirlenmesinde sıkıştırma yükü altındaki materyal davranışları önem taşımaktadır. Elde edilen bu büyüklükler ekim, hasat, ve hasat sonrasında ilişkin makina işlemleri yönünden temel tasarım parametrelerini oluşturmaktadır (Vatandaş ve ark., 2002). Eren, İptaş ve Karadağ çeşitlerine ait tohumların mekanik davranışları için statik sürtünme katsayısı, doğal yığılma açısı, mekanik kuvvet karşısındaki kırılma kuvveti, deformasyon, kırılma enerjisi, sertlik ve kırılma gücü değerleri incelenmiştir. Mürdümük tohumlarının PVC, laminant, kontrplak ve lastik yüzeylerdeki sürtünme katsayısı değerlerinde çeşitler arasındaki farkın istatistiksel olarak  $p<0.01$  seviyesinde önemli olduğu gözlenmiştir. Statik sürtünme katsayıları tüm çeşitlerde en yüksek lastik materyalli yüzeyde, en düşük değer ise tüm çeşitlerde laminant materyalli yüzeyde elde edilmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Mürdümük çeşitlerinin statik sürtünme katsayısı ve doğal yığılma açısı değerleri

Mürdümük çeşitleri	Statik sürtünme katsayısı				Doğal yığılma açısı (°)
	PVC	Laminant	Kontrplak	Lastik	
Eren	0.362±0.027b**	0.300±0.013a**	0.415±0.032a**	0.423±0.025a**	16.97±4.08 <sup>ns</sup>
İptaş	0.394±0.017a**	0.259±0.010b**	0.386±0.022b**	0.414±0.015a**	15.53±4.77 <sup>ns</sup>
Karadağ	0.329±0.012c**	0.262±0.013b**	0.354±0.019c**	0.386±0.011b**	14.92±2.95 <sup>ns</sup>
F değeri	27.35	37.44	14.38	11.80	0.69

PVC: Polivinil Klorür, ± değerler standart sapmayı göstermektedir. \*\*:  $p<0.01$ , ns: önemsiz. Aynı sütundaki aynı harfler arası fark önemsizdir

Altuntas ve Karadağ (2006), nem içeriği 15.40 olan mürdümük tohumlarında ortalama statik sürtünme katsayısı değerlerini; kontrplak ve lastik yüzeyler için sırasıyla, 0.18 ve 0.48 olarak bildirmiştir. Bu çalışmada bulunan sonuçlar literatür ile benzerlik göstermiştir. Sarajeh ve ark. (2014), nem içeriği %10.65 olan Zanjân çeşidi mürdümük tohumlarında sürtünme katsayısı değerini kontrplak yüzeyde 0.274 olarak bildirmiştir. Lakra ve Patel (2021), %7.78 nem içeriğinde statik

sürtünme katsayısı değerini kontrplak ve lastik yüzeyde sırasıyla 0.41 ve 0.63 olarak bildirmişlerdir. Araştırmada bulunan sonuçların Sarajeh ve ark. (2014) ve Lakra ve Patel (2021)'e göre daha düşük olduğu gözlenmiştir. Bu farklılık kullanılan mürdümük tohumların çeşit, yapısal özelliklerinden ve çalışılan nem içeriğinden kaynaklandığı söylenebilir.

Mürdümük çeşitlerine ait farklı yükleme hızları ve yükleme eksenlerindeki kırılma kuvveti değerleri, Çizelge 5'te verilmiştir.

Çizelge 5'e göre; istatistiki olarak en yüksek kırılma kuvveti *İptaş* çeşidinde 40 ve 60 mm min<sup>-1</sup> hızında genişlik ekseninde, en düşük kırılma kuvveti *Karadağ* çeşidinde 60 mm min<sup>-1</sup> hızında uzunluk ekseninde gözlenmiştir. Yükleme eksenine göre maksimum kırılma kuvveti kalınlık ekseninde; yükleme hızına göre ise 40 ve 60 mm min<sup>-1</sup> hızında (sırasıyla 197.91 N ve 200.79 N) belirlenmiştir.

Çizelge 5. Mürdümük çeşitlerine ait kırılma kuvveti değerlerinin farklı yükleme hızları ve yükleme eksenlerine göre değişimleri

Mürdümük çeşitleri	Yükleme hızı (mm min <sup>-1</sup> )	Yükleme eksenleri			Ortalama	Çeşit ortalaması
		Uzunluk (l)	Genişlik (w)	Kalınlık (t)		
<i>Eren</i>	20	166.25±49.78 <sup>ns</sup>	130.88±38.13b**	201.21±44.13a*	166.11±51.74 <sup>ns</sup>	184.63±58.03b**
	40	154.11±73.20 <sup>ns</sup>	159.99±46.43b**	253.77±42.00b*	189.29±70.96 <sup>ns</sup>	
	60	182.42±46.96 <sup>ns</sup>	212.54±26.27a**	200.46±56.45a*	198.47±45.23 <sup>ns</sup>	
	Ort	167.59±57.05b**	167.80±50.16b**	218.48±52.77a**		
<i>İptaş</i>	20	190.57±46.01 <sup>ns</sup>	166.03±33.10b**	264.40±48.27 <sup>ns</sup>	207.00±59.40b*	224.20±73.22a**
	40	163.40±37.83 <sup>ns</sup>	264.11±91.26a**	222.61±61.57 <sup>ns</sup>	216.71±77.28ab*	
	60	211.29±45.44 <sup>ns</sup>	309.68±88.00a**	225.67±55.84 <sup>ns</sup>	248.88±77.20a*	
	Ort	188.42±46.26b**	246.61±95.10a**	237.56±56.94a**		
<i>Karadağ</i>	20	163.88±43.63a**	153.36±53.00 <sup>ns</sup>	193.48±36.35 <sup>ns</sup>	170.24±46.59ab*	171.00±54.06b**
	40	152.50±37.58a**	188.03±42.50 <sup>ns</sup>	222.71±51.89 <sup>ns</sup>	187.75±51.81a*	
	60	92.77±42.09b**	171.05±40.78 <sup>ns</sup>	201.25±32.70 <sup>ns</sup>	155.02±59.66b*	
	Ort	136.38±50.84c**	170.81±46.43b**	205.81±41.66a**		
Yükleme eksenleri ortalaması		164.13±55.34c**	195.07±76.24b**	220.62±51.97a**		
Yükleme hızı ortalaması						
	20	173.57±46.55b**	150.09±43.38c**	219.70±52.74a**	181.12±55.42b*	
	40	156.67±50.69b**	204.04±76.26a**	233.03±52.75a**	197.91±68.12ab*	
	60	162.16±67.15b**	231.09±81.39a**	209.13±49.30a**	200.79±72.50a*	

± değerler standart sapmayı göstermektedir. \*: p<0.05, \*\*: p<0.01, ns: önemsiz. Aynı sütundaki aynı harfler arası fark önemsizdir

Altuntas ve Karadağ (2006), nem içeriği %15.40 olan mürdümük tohumlarında kırılma kuvveti değerlerini x-, y-, -z eksenleri için sırasıyla 254.40 N, 242.60 N ve 100.80 N olarak bildirmişlerdir.

Mürdümük çeşitlerinde farklı yükleme hızları ve yükleme eksenlerindeki deformasyon değerleri, Çizelge 6'da verilmiştir. Yükleme hızlarına göre deformasyon değerleri 60 mm min<sup>-1</sup> yükleme hızında diğer hızlara göre daha yüksek bulunmuştur. Yükleme eksenlerine göre deformasyon değeri uzunluk ekseninde (2.41mm) maksimum değer almıştır. En yüksek deformasyon değeri, *Karadağ* çeşidinde 60 mm min<sup>-1</sup> yükleme hızında uzunluk ekseninde 6.19 mm ile gözlenmiş, en düşük deformasyon değeri 0.53 mm ile; *Karadağ* çeşidinde ve 20 mm min<sup>-1</sup> yükleme hızında kalınlık ekseninde gözlenmiştir.

Çizelge 6. Mürdümük çeşitlerine ait deformasyon değerlerinin farklı yükleme hızları ve yükleme eksenlerine göre değişimleri

Mürdümük çeşitleri	Yükleme hızı (mm min <sup>-1</sup> )	Yükleme eksenleri			Ortalama	Çeşit ortalaması
		Uzunluk (l)	Genişlik (w)	Kalınlık (t)		
<i>Eren</i>	20	1.45±0.55b*	0.95±0.29b**	0.78±0.53b**	1.06±0.54b**	1.39±0.71 <sup>ns</sup>
	40	1.82±0.44ab*	1.18±0.45b**	0.70±0.27b**	1.23±0.60b**	
	60	2.31±0.83a*	1.94±0.64a**	1.43±0.30a**	1.90±0.71a**	
	Ort	1.86±0.70a**	1.36±0.63b**	0.97±0.50c**		
<i>İptaş</i>	20	2.05±0.73 <sup>ns</sup>	1.45±0.69b*	1.49±0.33b**	1.66±0.65b**	1.97±0.79 <sup>ns</sup>
	40	2.55±0.88 <sup>ns</sup>	1.88±0.76ab*	2.32±0.87a**	2.25±0.86a**	
	60	2.33±0.44 <sup>ns</sup>	2.37±0.83a*	1.24±0.37b**	1.98±0.77ab**	
	Ort	2.31±0.71a**	1.90±0.83b**	1.68±0.73b**		
<i>Karadağ</i>	20	1.49±0.32 <sup>ns</sup>	1.21±0.58 <sup>ns</sup>	0.53±0.14b**	1.08±0.56 <sup>ns</sup>	1.75±4.21 <sup>ns</sup>
	40	1.48±0.37 <sup>ns</sup>	1.19±0.21 <sup>ns</sup>	0.88±0.18b**	1.18±0.36 <sup>ns</sup>	
	60	6.19±12.19 <sup>ns</sup>	1.16±0.26 <sup>ns</sup>	1.66±0.65a**	3.00±7.18 <sup>ns</sup>	
	Ort	3.05±7.16 <sup>ns</sup>	1.19±0.37 <sup>ns</sup>	1.02±0.61 <sup>ns</sup>		
Yükleme eksenleri ortalaması		2.41±4.16a**	1.48±0.70b**	1.22±0.70b**		
Yükleme hızı ortalaması						
	20	1.66±0.61a**	1.20±0.57b**	0.93±0.54c**	1.27±0.64b*	
	40	1.95±0.74a**	1.42±0.61b**	1.30±0.90b**	1.56±0.80b*	
	60	3.61±7.06 <sup>ns</sup>	1.83±0.79 <sup>ns</sup>	1.44±0.48 <sup>ns</sup>	2.29±4.17a*	

± değerler standart sapmayı göstermektedir. \*: p<0.05, \*\*: p<0.01, ns: önemsiz. Aynı sütundaki aynı harfler arası fark önemsizdir

Altuntas ve Karadağ (2006), nem içeriği %15.40 olan mürdümük tohumlarında deformasyon değerlerini x-, y-, -z eksenleri için sırasıyla %27.53, %21.29 ve %14.03 olarak bildirmişlerdir.

Mürdümük çeşitlerinde özellikle mekanik olarak ürün işlemede etkili olan kırılma enerjisinin, farklı yükleme hızları ve yükleme eksenlerindeki değişimi, Çizelge 7’de verilmiştir.

Çizelge 7. Mürdümük çeşitlerine ait kırılma enerjisi değerlerinin farklı yükleme hızları ve yükleme eksenlerine göre değişimleri

Mürdümük çeşitleri	Yükleme hızı (mm min <sup>-1</sup> )	Yükleme eksenini			Ortalama	Çeşit ortalaması
		Uzunluk (l)	Genişlik (w)	Kalınlık (t)		
<b>Eren</b>	20	118.32±53.77b*	59.13±15.87b**	81.40±74.49b*	86.28±57.57b**	124.90±74.66b**
	40	129.38±46.32b*	92.31±36.18b**	87.13±32.91b*	102.94±42.12b**	
	60	208.80±97.48a*	206.60±75.49a**	141.05±37.72a*	185.48±78.62a**	
	Ort	152.17±78.69a**	119.35±79.88b**	103.19±56.98b**		
<b>İptaş</b>	20	190.63±66.31 <sup>ns</sup>	122.30±67.95c**	198.66±57.39ab*	170.53±70.95b*	220.91±119.82a**
	40	210.55±92.09 <sup>ns</sup>	241.29±116.58b**	274.48±156.27a*	242.11±123.02a*	
	60	245.08±68.65 <sup>ns</sup>	365.26±168.04a**	139.95±54.88b*	250.10±141.16a*	
	Ort	215.42±77.35 <sup>ns</sup>	242.95±156.82 <sup>ns</sup>	204.36±112.57 <sup>ns</sup>		
<b>Karadağ</b>	20	120.27±35.16 <sup>ns</sup>	100.26±93.17 <sup>ns</sup>	50.50±13.16c**	90.34±63.41 <sup>ns</sup>	131.59±234.02b**
	40	109.34±31.10 <sup>ns</sup>	111.43±29.98 <sup>ns</sup>	97.19±29.22b**	105.98±29.75 <sup>ns</sup>	
	60	331.30±682.82 <sup>ns</sup>	97.35±25.22 <sup>ns</sup>	166.71±63.72a**	198.45±395.11 <sup>ns</sup>	
	Ort	186.97±395.19 <sup>ns</sup>	103.01±56.64 <sup>ns</sup>	104.80±62.74 <sup>ns</sup>		
<b>Yükleme eksenini ortalaması</b>		184.85±235.65 <sup>ns</sup>	155.10±122.82 <sup>ns</sup>	137.45±93.46 <sup>ns</sup>		
<b>Yükleme hızı ortalaması</b>						
	20	143.07±61.77a**	93.90±70.10b**	110.19±83.73b**	115.72±74.51b**	
	40	149.75±74.69 <sup>ns</sup>	148.34±97.13 <sup>ns</sup>	152.93±125.85 <sup>ns</sup>	150.34±100.28b**	
	60	261.73±389.66 <sup>ns</sup>	223.07±152.46 <sup>ns</sup>	149.24±52.86 <sup>ns</sup>	211.34±245.28a**	

± değerler standart sapmayı göstermektedir. \*: p<0.05, \*\*: p<0.01, ns: önemsiz. Aynı sütundaki aynı harfler arası fark önemsizdir

Çizelge 7’ye göre, İptaş çeşidinde kırılma enerjisi diğer çeşitlere göre daha yüksek bulunmuştur. Yükleme hızlarına bakımdan kırılma enerjisi değerleri 60 mm min<sup>-1</sup> hızında diğer hızlarına göre daha yüksek bulunmuştur. En yüksek kırılma enerjisi değeri, Karadağ çeşidinde 60 mm min<sup>-1</sup> hızında uzunluk ekseninde 331.30 N mm ile gözlenirken, en düşük kırılma enerjisi değeri ise 50.50 N mm ile Karadağ çeşidinde ve 20 mm min<sup>-1</sup> hızında kalınlık ekseninde gözlenmiştir.

Altuntaş ve Karadağ (2006), nem içeriği %15.40 olan mürdümük tohumlarında kırılma enerjisi değerlerini x-, y-, -z eksenleri için sırasıyla 187.20 N mm, 129.25 N mm ve 38.77 N mm olarak bildirmiştir.

Mürdümük çeşitlerine ait mekanik testlerde, özellikle mekanik olarak ürünün işlenmesinde etkili olacak şekilde farklı yükleme hızları ve yükleme eksenlerindeki sertlik değerleri, Çizelge 8’de verilmiştir.

Çizelge 8. Mürdümük çeşitlerine ait sertlik değerlerinin farklı yükleme hızları ve yükleme eksenlerine göre değişimleri

Mürdümük çeşitleri	Yükleme hızı (mm min <sup>-1</sup> )	Yükleme eksenini			Ortalama	Çeşit ortalaması
		Uzunluk (l)	Genişlik (w)	Kalınlık (t)		
<b>Eren</b>	20	130.62±63.44 <sup>ns</sup>	157.29±87.25 <sup>ns</sup>	379.69±313.86a*	222.53±216.98a**	188.77±173.00a**
	40	95.84±60.01 <sup>ns</sup>	152.36±68.13 <sup>ns</sup>	420.34±186.47a*	222.84±184.59a**	
	60	90.43±43.00 <sup>ns</sup>	123.17±52.38 <sup>ns</sup>	149.23±70.21b*	120.94±59.61b**	
	Ort	105.63±57.17b**	144.27±69.92b**	316.42±240.07a**		
<b>İptaş</b>	20	106.73±49.82 <sup>ns</sup>	141.76±73.83 <sup>ns</sup>	184.13±43.83a**	144.21±63.99 <sup>ns</sup>	135.86±77.64b**
	40	70.04±25.18 <sup>ns</sup>	174.00±126.23 <sup>ns</sup>	103.10±32.94b**	115.71±86.16 <sup>ns</sup>	
	60	95.35±35.52 <sup>ns</sup>	151.66±89.58 <sup>ns</sup>	195.93±74.26a**	147.65±79.66 <sup>ns</sup>	
	Ort	90.71±40.02b**	155.81±96.51a**	161.05±66.37a**		
<b>Karadağ</b>	20	115.58±40.31 <sup>ns</sup>	139.73±60.21 <sup>ns</sup>	404.13±182.06a**	219.81±172.01a**	175.21±130.82a**
	40	111.45±40.78 <sup>ns</sup>	163.63±51.48 <sup>ns</sup>	265.03±93.71b**	180.04±90.94a**	
	60	62.66±84.77 <sup>ns</sup>	157.07±59.97 <sup>ns</sup>	157.61±122.40b**	125.78±100.28b**	
	Ort	96.56±62.03c**	153.47±56.29b**	275.59±167.92a**		
<b>Yükleme eksenini ortalaması</b>		97.63±53.66c**	151.18±75.41b**	251.02±183.78a**		
<b>Yükleme hızı ortalaması</b>						
	20	117.64±51.23b**	146.26±72.41b**	322.65±226.89a**	195.52±166.28a**	
	40	92.44±46.18c**	163.33±85.38b**	262.82±176.66a**	172.86±134.82a**	
	60	82.81±58.39b**	143.97±68.46a**	167.59±91.21a**	131.46±81.48b**	

± değerler standart sapmayı göstermektedir. \*: p<0.05, \*\*: p<0.01, ns: önemsiz. Aynı sütundaki aynı harfler arası fark önemsizdir

Çizelge 8’e göre, Eren ve Karadağ çeşitleri farklı hızlarındaki sertlik değerleri (sırasıyla 188.77 N mm<sup>-1</sup>, 175.21 N mm<sup>-1</sup>) bakımdan istatistiksel olarak en yüksek istatistiki grubu oluşturmuşlardır. En yüksek sertlik değeri, Eren çeşidinde 40 mm min<sup>-1</sup> hızında kalınlık ekseninde 420.34 N mm<sup>-1</sup> ile gözlenirken, en düşük sertlik değeri ise 62.66 N mm<sup>-1</sup> ile Karadağ çeşidinde 60 mm min<sup>-1</sup> hızında ve uzunluk ekseninde gözlenmiştir.

Mürdümük çeşitlerine ait farklı yükleme hızları ve yükleme eksenleri için özellikle mekanik olarak ürünün işlenmesinde etkili olan kırılma gücü değerleri Çizelge 9’da verilmiştir.

Çizelge 9. Mürdümük çeşitlerine ait kırılma gücü değerlerinin farklı yükleme hızları ve yükleme eksenlerine göre değişimleri

Mürdümük çeşitleri	Yükleme hızı (mm min <sup>-1</sup> )	Yükleme eksenine			Ortalama	Çeşit ortalaması
		Uzunluk (l)	Genişlik (w)	Kalınlık (t)		
Eren	20	0.028±0.008c**	0.022±0.006c**	0.034±0.007b**	0.028±0.009c**	0.063±0.035b**
	40	0.051±0.024b**	0.053±0.015b**	0.085±0.014a**	0.063±0.024b**	
	60	0.091±0.023a**	0.106±0.013a**	0.100±0.028a**	0.099±0.023a**	
	Ort	0.057±0.033b**	0.061±0.037b**	0.073±0.034a**		
İptaş	20	0.032±0.008c**	0.028±0.006c**	0.044±0.008c**	0.035±0.010c**	0.077±0.046a**
	40	0.055±0.013b**	0.088±0.030b**	0.074±0.021b**	0.072±0.026b**	
	60	0.106±0.023a**	0.155±0.044a**	0.113±0.028a**	0.124±0.039a**	
	Ort	0.064±0.035c**	0.090±0.061a**	0.077±0.035b**		
Karadağ	20	0.027±0.007b**	0.026±0.009c**	0.032±0.006c**	0.028±0.008c**	0.056±0.029c**
	40	0.051±0.013a**	0.063±0.014b**	0.074±0.017b**	0.063±0.017b**	
	60	0.046±0.021a**	0.086±0.020a**	0.101±0.016a**	0.078±0.030a**	
	Ort	0.042±0.018c**	0.058±0.029b**	0.069±0.032a**		
Yükleme eksenine ortalaması		0.054±0.031b**	0.070±0.046a**	0.073±0.033a**		
Yükleme hızı ortalaması						
	20	0.029±0.008b**	0.025±0.007c**	0.037±0.009a**	0.030±0.009c**	
	40	0.052±0.017b**	0.068±0.025a**	0.078±0.018a**	0.066±0.023b**	
	60	0.081±0.034b**	0.116±0.041a**	0.105±0.025a**	0.100±0.036a**	

± değerler standart sapmayı göstermektedir. \*: p<0.05, \*\*: p<0.01 Aynı sütundaki aynı harfler arası fark önemsizdir

Çizelge 9'a göre, İptaş çeşidinde farklı yükleme hızları kırılma gücü değerleri diğer çeşitlere göre daha yüksek bulunmuştur. Yükleme hızlarına göre kırılma gücü değerleri 60 mm min<sup>-1</sup> hızlarında (0.100 W) diğer hızlarına göre daha yüksek bulunmuştur. Yükleme eksenlerine göre ise maksimum değerler aynı istatistiki grubu oluşturan kalınlık ve genişlik eksenlerinde gözlenmiştir.

En yüksek kırılma gücü değeri, İptaş çeşidinde 60 mm min<sup>-1</sup> hızında genişlik ekseninde 0.155 W ile gözlenmiş, en düşük kırılma gücü değeri ise 0.022 W ile Eren çeşidinde ve 20 mm min<sup>-1</sup> hızında ve genişlik ekseninde gözlenmiştir. Hız artışına bağlı olarak görülen kuvvetteki artış bu çalışmada da genel olarak gözlemlenmiştir. Mekanik zedelenmeler, ürünün kullanılma şekline ve yerine göre ekonomik kayıplara yol açmaktadır.

#### 4. SONUÇ

Mürdümük tohumlarının ekim, hasat ve hasat sonrası işlemleri ve teknolojik uygulamalarda temizlenmesi, ayıklanması, işlenmesi ve son ürün olarak kalitesi ve tüketici istekleri açısından tohumların fiziksel ve renk karakteristikleri ile mekanik davranışlarının göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Bu çalışmanın yapılacak işlemler esnasında gerçekleştirilecek hasat kayıplarını azaltma ve depolama süresini iyileştirilmesine katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Mürdümük çeşitlerinden Eren, İptaş ve Karadağ çeşitlerinin sırasıyla %7.37, %7.23 ve %8.20 (k.b) nem içeriklerinde elde edilen bazı bulgular aşağıda özetlenmiştir.

Tek tane ağırlığı, tane hacim ağırlığı ve porozite üzerinde çeşitler arasında istatistiksel olarak çok önemli (p<0.01) farklılıklar gözlenirken tohum iriliği, tane hacmi ve yığın hacim ağırlığı üzerinde çeşitler arası fark gözlenmemiştir. Mürdümük çeşitlerinin uzunluk, kalınlık ve küresellik değerleri çeşitler arasında istatistiksel olarak çok önemli (p<0.01) farklılıklar gözlenmiştir. Genişlik, geometrik ortalama çap ve yüzey alanı bakımından çeşitler arasında istatistiksel olarak herhangi bir fark gözlenmemiştir. L\*, b\*, kroma ve hue açısı renk karakteristikleri üzerine çeşitler arasında istatistiksel olarak p<0.01 düzeyinde farklılık gözlenirken, a\* renk karakteristiği üzerine çeşitler arası farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı gözlenmiştir. Mürdümük tohumlarının PVC, laminant, kontrplak ve lastik yüzeylerdeki sürtünme katsayısı değerlerinde çeşitler arasındaki farkın istatistiksel olarak p<0.01 seviyesinde önemli olduğu gözlenmiştir.

#### KAYNAKLAR

- Alayunt, N. 2000. Biyolojik Malzeme Bilgisi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 541 Ders Kitabı, İzmir.
- Altuntas, E. and Karadağ, Y. 2006. Some Physical and Mechanical Properties of Sainfoin (*Onobrychis sativa* Lam.), Grasspea (*Lathyrus sativus* L.) and Bitter Vetch (*Vicia ervilia* (L.) Willd.) Seeds. *Journal of Applied Sciences*, 6(6): 1373-1379.
- Altuntas, E., Gerçekcioglu, R. and Kaya, C. 2010. Selected mechanical and geometric properties of different almond cultivars. *International Journal of Food Properties*, 13 (2): 282-293.
- Anonim, 2021a. Tohum olgunluğu. <https://acikders.ankara.edu.tr/mod/resource/view.php?id=1951> Erişim Tarihi: 08.11.2021.
- Anonim, 2021b. Tohumlukların işlenmesi. <file:///C:/Users/ASUS/Downloads/Tohumluk%20Ders%20notlar%C4%B1%20i%C5%9Fleme%20kurutma%20depolama.pdf> Erişim Tarihi: 08.11.2021.
- Anonim, 2021c. Tohum yapısı <file:///C:/Users/ASUS/Downloads/Tohumculuk%20ve%20Teknolojisi.pdf> Erişim tarihi: 12.11.2021
- Aydeniz, A. ve Brohi, A.R. 1991. *Gübreler ve gübreleme*. Cumhuriyet Üniversitesi, Tokat Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No. 10, Ders Kitabı: 3, Tokat.

- Günaydın, S. 2020. Mikrodalga, konvektif ve gölgede kurutma yöntemleri kullanılarak kurutulmuş kuşburnu meyvesinin kurutma kinetiği, renk ve besin elementi içeriği açısından incelenmesi. Yüksek lisans tezi. Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 65 sayfa, Bursa.
- Kaleemullah, S. and Gunasekar, J.J. 2002. Moisture-dependent physical properties of Arecanut Trues. *Biosystem Engineering*, 82(3): 331-338.
- Karadağ, Y. 2009. *Mürdümük*. (Ed. R. Avcıoğlu, R. Hatipoğlu, Y. Karadağ), Yembitkileri: Baklagil yembitkileri, (Cilt II), Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Yayını, İzmir, 471-479.
- Khazaei, J., Rasekh, M. and Borghei, A.M. 2002. Physical and mechanical properties of almond and its kernel related to cracking and peeling. An ASAE Meeting Presentation, Paper No 026153.
- Lakra, L.P. and Patel, S. 2021. To study the Physico-chemical properties of *Lathyrus sativus*. *International Journal of Chemical Studies*, 2021; 9(1): 133-138.
- Maphosa, Y. and Jideani, V.A. 2017. The role of legumes in human nutrition. In Functional Food-Improve Health through Adequate Food; Hueda, M.C., Ed.; In Tech d.o.o.: Rijeka, Croatia; Volume 1: 103-121.
- Martín-Cabrejas, M.A. 2019. Legumes: An overview. In *Legumes: Nutritional Quality, Processing and Potential Health Benefits*; Martín-Cabrejas, M.A., Ed.; CPI Group (UK) Ltd.: Croydon, UK, 2019: 1-18.
- McGuire, R.G. 1992. Reporting of objective colmeasurements. *Hortscience*, 27: 1254-1255.
- Mohsenin, N.N. 1980. *Physical properties of plants and animal materials*. Gordon and Breach Science publishers, NW, New York.
- Saçılık, K., Öztürk, R. and Keskin, R. 2003. Some physical properties of Hemp seed. *Biosystems Engineering*, 86 (2): 191-198.
- Sarajeh, H., Ebrahimi, M.A., Khanali, M., Behboudi, O. and Mohammadi, K. 2014. Effect of moisture content on some physical properties of Grass pea (*Lathyrus sativus* L.). *Agricultural Engineering International CIGR Journal*, 16(4): 261-267.
- Sayar, M.S. 2014. Mürdümük tarımı ve yeni geliştirilen GAP Mavisi mürdümük çeşidi. *Mardin Gıda Tarım ve Hayvancılık Dergisi*, 4 (10):30-32.
- Suthar, S.H. and Das, S.K. 1996. Some physical properties of Karingda [*Citrus lanatus* (thumb) mansf] grains. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 65: 15-22.
- SPSS, 2000. "SPSS for Windows". Student Version. Release 10.0.9 SPSS Inc IL USA.
- Talukdar, D. and Biswas, A. K. 2008. Variability, heritability and scope of selection for some quantitative traits in induced mutant lines of grass pea (*Lathyrus sativus* L.). *International Journal of Plant Sciences*, 3(2): 528-530.
- Tekele-Haimanot, R., Kidane, Y., Wuhib, E., Kalissa, A., Alemu, T., Zein, Z. A. and Spencer, P.S. 1990. Lathyrism in rural Northwestern Ethiopia: A highly prevalent neurotoxic disorder. *International Journal of Epidemiol.*, 19: 664-672.
- TUİK, 2015. Türkiye İstatistik Kurumu, Kuru Baklagiller. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1> Erişim Tarihi:04.09.2021.
- TUİK, 2021. Türkiye İstatistik Kurumu, Kuru Baklagiller. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1> Erişim Tarihi:04.09.2021.
- Vatandaş, M., Gürhan, R. ve Çetin, M. 2002. Nohutun Değişik Çeşit ve Nem Özelliklerine Göre Kırılma Karakteristiklerinin Belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 8(1); 73-78.
- Yılmaz, G. and Altuntas, E. 2020. Some bio-technical properties of flax seeds, fennel seeds and harmful seed capsules. *Turkish Journal of Agricultural Engineering Research (TURKAGER)*, 1(2): 222-232.

## Tohumluk Mısır Üretiminde Çalışma Duruşlarının REBA Yöntemi ile Ergonomik Risk Analizi

### Analysis of Working Stances in Corn Production by REBA Method and Ergonomic Risk Assessment

Arda Geniş<sup>1,\*</sup>, Sarp Korkut Sümer<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim dalı, Çanakkale, Türkiye.

<sup>2</sup> Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği, Çanakkale, Türkiye.

\* Corresponding author (Sorumlu Yazar): A. Geniş, e-mail (e-posta): [ardagenis@hotmail.com](mailto:ardagenis@hotmail.com)

#### Makale Bilgisi

Alınış tarihi : 11 Ekim 2021  
Düzeltilme tarihi : 22 Kasım 2021  
Kabul tarihi : 23 Kasım 2021

#### Anahtar Kelimeler:

Ergonomik Risk Değerlendirmesi  
REBA  
REBA Yöntemi

#### ÖZET

Bu çalışmanın amacı, mevsimlik tarım işçilerinin farklı tarımsal işlemlerdeki statik veya dinamik çalışma pozisyonlarının incelenmesi, analiz edilmesi, kas ve iskelet sistemi rahatsızlıklarına yol açan çalışma pozisyonlarının iyileştirilmesi için önerilerde bulunulmasıdır. Bu çalışmada, tohumluk mısır tarımında çalışan mevsimlik tarım işçilerinin vücut duruş pozisyonları incelenmiştir. Üç farklı işçilik türü değerlendirmeye alınmıştır. Bu işçilik türlerinde çalışanların duruş pozisyonları görsel ve video ile kayıt altına alınmış ve değerlendirilmiştir. Çalışmanın değerlendirilmesinde, ergonomik risk değerlendirmesi yöntemlerinden biri olan REBA (Rapid Entire Body Assessment) yöntemi kullanılmıştır. REBA formu üzerinden elde edilen REBA skorunun risk seviyesi referans aralıkları değerlendirilmiştir. Değerlendirmeye göre: mısır püskülü çekim işçiliği için REBA skoru 8 (yüksek risk seviyesi), mısır koçanı kırım işçiliği REBA skoru 6 (orta risk seviyesi), mısır koçanı temizleme ve ayıklama işçiliği REBA skoru 6 (orta risk seviyesi) olarak belirlenmiştir. Mısır çekim işçiliği için molaların artırılması, mısır boylarının kısaltılması önerilmiştir. Mısır koçanı kırım işçiliği için biçerdövere mısır tablası takılarak ile mısır hasadı önerilmiş, bu işçilik özelinde risklerin tamamen ortadan kaldırılması amaçlanmıştır. Mısır koçanı temizleme ve ayıklama işçiliği için bant tezgâhının her bir çalışan boyutlarına uygun yüksekliklerle ayarlanması önerilmiştir.

#### Article Info

Received date : 11 October 2021  
Revised date : 22 November 2021  
Accepted date : 23 November 2021

#### Keywords:

Ergonomic Risk Assessment  
REBA  
REBA Method

#### ABSTRACT

The aim of this study is to examine and analyze the static or dynamic working positions of seasonal agricultural workers in different agricultural processes, and to make suggestions for improving working positions that cause musculoskeletal disorders. In this study, body posture positions of seasonal agricultural workers working in seed corn farming were investigated. Three different types of labor were evaluated. Posture positions of the employees in these types of labor were recorded and evaluated visually and with video. REBA (Rapid Entire Body Assessment) method, which is one of the ergonomic risk assessment methods, was used in the evaluation of the study. The risk level reference ranges of the REBA score obtained on the REBA form were evaluated. According to the evaluation: REBA score for corn silk drawing work was 8 (high risk level), corn cob crushing work REBA score 6 (medium risk level), corn cob cleaning and weeding work REBA score 6 (medium risk level). It has been suggested to increase the breaks and shorten the corn lengths for maize draft work. It is aimed to completely eliminate the risks in this work by suggesting cutting with a combine harvester for the corn cob crushing work. For corncob cleaning and sorting labor, it is suggested that the belt loom be adjusted with each worker's dimensions.

## 1. GİRİŞ

Mısır bitkisinin yetiştiriciliği sıcak iklimin yaşandığı bölgelerde yapılmaktadır. Türkiye’de genellikle yaz aylarında yetiştirilen mısır tahılı birçok sektör için önemli bir üründür. Mısır; yem, kanatlı, nişasta-glikoz sanayi, endüstri, yağ üretimi ve tohum sektörlerinde kullanılmaktadır. Yem sektörü, mısır tahılının en çok kullanıldığı sektörlerden biri konumundadır (TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası Mısır Raporu, 2020).

Mısır tahılı bitki üzerinde olgunlaştığı dönemde hasat edilmektedir. Mısır bitkisi hasat dönemine kadar olan zaman aralığında belirli dönemlerden geçmektedir; ekim, bakım, mısır bitkisinin püskül çekimi ve hasat. Bu dönemlerde faaliyetler istihdam edilen tarım çalışanları ile yürütülmektedir. Mısır püskül çekimi işçiliği, yoğun iş gücü gerektiren, üretiminin önemli adımlarındandır. İşçiler mısır bitkilerinin aralarına girerek bitkide bulunan püskülü çekmektedirler. Bu çalışma mısır kalitesinin daha verimli olması için yapılmaktadır. Mısır bitkisi püskülü çekim faaliyetini yürüten işçiler uzanarak tekrarlı hareketler yapmaktadırlar. Bu hareketler kısa zaman aralıklarında ve sürekli olarak devam etmektedir.

Uzanma, eğilme veya ağırlık kaldırma gibi çalışmalar işçilerde (KİSR) kas ve iskelet sistemi rahatsızlıklarına sebep olabilmektedir. Yürütülen faaliyetlerde bu çalışma şekillerinin süresi, tekrar sıklığı gibi özellikler söz konusu olumsuz etkileri artırabilmektedir. Bu sebeplerin ortadan kaldırılması veya azaltılabilmesi için çalışma koşullarının ergonomik yaklaşımlarla iyileştirilmesi ve önlemler alınması gerekmektedir (Felekoğlu ve Taşan, 2017).

Ergonomi, insanın anatomik, antropometrik ve fizyolojik vb. özelliklerini göz önünde bulundurarak, çalışma ortamında bulunan etkenlerle oluşan reaksiyonlara göre, insan-makine-ortam uyumunun sağlanmasını araştıran disiplinli bir bilimdir. Tüm iş alanlarının kapsayan ergonominin temel amacı, çalışanların sağlığını koruyarak, güvenliğini sağlamak; yapılan işi nicelik ve niteliğini arttırmak şeklinde özetlenebilir (Sabancı ve Sümer, 2015).

Çalışma alanlarında kişiler kas ve iskelet sistemlerine zarar verebilecek çalışma duruş pozisyonları ile çalışabilmektedirler. Bu tür çalışmaları etkileyebilecek etkenlerin belirlenmesi ve analiz edilmesi ergonomik iyileştirmeler için oldukça önem arz etmektedir. Kas ve iskelet sistemi rahatsızlıklarının önlenmesi için uygun ergonomik risklerin değerlendirilmesi gerekmektedir (Emir ve ark., 2019).

REBA (Rapid Entire Body Assessment) ile hızlı tüm vücut değerlendirmesi yapılabilmektedir. Bu yöntem kapsamında, çalışma pozisyonlarının analizi ve değerlendirilmesi görsel ve video kayıtları ile desteklenmekte ve REBA skoru oluşturulmaktadır.

Ergonomik risk değerlendirme ile ilgili farklı çalışma alanlarında yürütülmüş olan bazı araştırmalar özetlenmiştir; Aygün ve ark. (2018) mandalina hasadı sırasında çalışanların bedensel yüklenmelerini incelemişlerdir. 50 mevsimlik işçi arasından seçilen 30 çalışanın, hasat dönemindeki duruş bozukluklarını REBA ve RULA yöntemleri kullanarak belirlemişlerdir. Sağiroğlu ve ark. (2015) Bir kompresör fabrikasında üretim hattındaki iş istasyonlarında ergonomik açıdan risk analizini REBA yöntemi kullanarak 10 adet iş istasyonunda değerlendirmişler ve önerilerde bulunmuşlardır. Polat ve ark. (2017) Denizli ilinde faaliyet gösteren büyük ölçekli bir mobilya firmasındaki işçilerin çalışma duruşları incelemişlerdir. Çalışma duruşlarını analiz etmek için REBA yöntemini kullanmışlar ve KİSR açısından riskli işleri belirlemişlerdir. Okan ve Kaya (2015) Trabzon-Of orman fidanlığındaki repikaj işlerinde çalışan 70 kadın işçinin çalışma duruşlarını REBA yöntemi ile analiz etmişler ve risk düzeylerini belirlemişlerdir. Özay ve Doğanbatur (2018) bir süpermarketin kasap, şarküteri, depo ve manav reyonlarında ve temizlik işlerinde çalışanların, elle kaldırma işleri ve çalışma duruş pozisyonlarını incelemişlerdir. El ile yük kaldırma işleri NIOSH yöntemi kullanarak analiz etmişler, kasap reyonu çalışanları çalışma pozisyonları için REBA yöntemi kullanmışlardır.

Ergonomik risk değerlendirme üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde, mısır üretimi yapılan çalışma koşullarında, çalışanların ergonomik koşulları ve karşı karşıya oldukları risklerin belirlendiği bir çalışma bulunmamaktadır. Püskül çekimi ve hasat faaliyetleri mısır üretiminde temel faaliyetler olarak dikkat çekmektedir. Bu işlerde çalışanların sürekli ve tekrarlı hareketler yaptıkları gözlemlenmiştir. Bu çalışmada mısır üretimi yapılan çalışma alanlarında mevsimlik tarım işçilerinin REBA yöntemi kullanılarak duruş pozisyonları değerlendirilmiş ve ergonomik yaklaşımlar ile öneriler getirilmiştir.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmada tohumluk mısır üretimi faaliyetlerinde çalışan mevsimlik tarım işçilerinin çalışma duruş pozisyonları REBA yöntemi ile değerlendirilmiştir.

### 2.1. Materyal

Çalışmanın materyalini, mısır tohumu üreten iki farklı firmada faaliyet gösteren mevsimlik tarım işçileri oluşturmaktadır. Yapılan ön incelemelerde, iki firmanın da dönemsel olarak aynı hedefler kapsamında farklı çalışma yöntemlerinin olduğu belirlenmiştir. Bu yöntemler baz alınarak üç farklı işçilik türünde çalışanların çalışma duruş pozisyonları görsel ve video kayıtları ile incelenmiştir. Çalışma duruşlarının ayrıntılı video ve fotoğraflarının yanı sıra yürütülen üç farklı iş özellikleri de (hareket tekrarı, süre vb.) çalışmanın önemli materyali durumundadır.

### 2.2. Yöntem

Tohumluk mısır üretiminde ergonomik risklerin değerlendirilmesinde kullanılan ve Hignett ve McAtamney tarafından geliştirilmiş olan REBA, statik ve dinamik tüm vücut faaliyetlerinin analiz edilerek kas ve iskelet sistemi rahatsızlıklarına neden olabilecek çalışma duruşlarının saptanmasına ve önlem alınmasına olanak sağlayan gözleme dayalı bir analiz metodudur (Erdemir ve Eldem, 2019).

REBA yöntemi, çalışma duruşlarında görsel ve video kayıtlarının REBA puanlama şemalarında değerlendirilmesiyle, elde edilen sayısal verilerin incelenmesini sağlamaktadır (Mert, 2014). Yöntem, vücut bölümlerini A ve B olmak üzere iki gruba ayırmaktadır. A grubunda gövde, boyun, bacak (Çizelge 1); B grubunda ise üst kol, alt kol ve el bileği (Çizelge 2) pozisyonları incelenerek puanlanmaktadır. Elde edilen A tablosu skoruna (Tablo 6) yük/kuvvet skoru (Çizelge 3), B tablosu skoruna (Çizelge 7) yük kavrama skoru (Çizelge 4) eklenerek A skoru ve B skoru elde edilmektedir. A ve B skorları C tablosunda (Çizelge 8) eşleştirilerek C tablosu skoru elde edilir. C tablosu skoruna faaliyet, aktivite skoru (Çizelge 5) eklenerek REBA skoru elde edilir.

Çizelge 1. REBA Yöntemi Grup A Puanlaması (Hignett ve McAtamney, 2000)

<b>Gövde</b>		
Hareket	Skor	Skor değişimi
Dik duruş	1	
0° - 20° bükülme 0° - 20° uzanma	2	Eğer bükme ya da yana doğru dönme hareketi de varsa skora +1 ekle
20° - 60° bükülme >20° uzanma	3	
>60° bükülme	4	
<b>Boyun</b>		
Hareket	Skor	Skor değişimi
0° - 20° bükülme	1	Eğer bükme ya da yana doğru dönme hareketi de varsa skora +1 ekle
> 20° bükülme ve uzanma	2	
<b>Bacak</b>		
Hareket	Skor	Skor değişimi
Ağırılık iki bacak üstünde, yürüme ya da oturma durumunda	1	Eğer dizlerde 30°-60° arası bükülme varsa skora +1
Ağırılık tek bacak üstünde, dengesiz durumda	2	Eğer >60° bükülme varsa skora +2 ekle (ayakta durma durumunda)



Çizelge 2. REBA Yöntemi Grup B Puanlaması (Hignett ve McAtamney, 2000)

<b>Üst kol</b>		
Hareket	Skor	Skor değişimi
20° kadar olan uzanma veya bükülme	1	Eğer bükme ya da yana doğru dönme hareketi de varsa skora +1 ekle
>20° uzanma 20° - 45° arası bükülme	2	
45° - 90° bükülme	3	Omuz yükseltilmiş durumdaysa +1 Eğer hareket yer çekimi desteği ile yapılıyorsa: -1
>90° bükülme	4	

<b>Alt kol</b>		
Hareket	Skor	
60°-100° bükülme	1	
< 60° bükülme veya > 100° bükülme	2	

<b>Bilek</b>		
Hareket	Skor	Skor değişimi
0° - 15° arası uzama veya bükülme	1	Bilek dönmüş durumdaysa: +1
> 15° bükülme veya uzama	2	

Çizelge 3. REBA Yöntemi Yük/Kuvvet Puanlaması (Hignett ve McAtamney, 2000)

0	1	2	+1
<5 kg	5-10 kg	> 10 kg	Ani veya hızla artan güç kullanımı gerektiğinde

Çizelge 4. REBA Yöntemi Yük Kavrama Puanlaması (Hignett ve McAtamney, 2000)

0 (İyi)	1 (Orta)	2 (Zayıf)
Elle iyi kavrama ve orta vade güçlü kavrama	Elle kavrama kabul edilebilir; ancak ideal değil ya da kavrama, vücudun başka bir bölümüyle kabul edilebilir.	Mümkün olmasına rağmen elle kavrama kabul edilemez

Çizelge 5. REBA Yöntemi Faaliyet, Aktivite Puanlaması Tablosu (Hignett ve McAtamney, 2000)

Skor	Tanım
+1	Bir ya da daha fazla vücut bölümü statikse, örneğin 1 dakikadan daha uzun süre tutma
+1	Tekrarlanan kısa aralıklı eylemler varsa, örneğin dakikada 4 kereden fazla tekrarlama (yürüme hariç)
+1	Eylem, duruşta hızlı büyük değişikliklere neden oluyorsa ya da dengesiz duruş

Çizelge 6. REBA Yöntemi Grup A Vücut Bölümleri Puanlanması (Hignett ve McAtamney, 2000)

		<b>Tablo A</b>											
		<b>Boyun</b>											
		<b>1</b>				<b>2</b>				<b>3</b>			
<b>Gövde</b>	<b>Bacaklar</b>	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1		1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
2		2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
3		2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
4		3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
5		4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

Çizelge 7. REBA Yöntemi Grup B Vücut Bölümleri Puanlanması (Hignett ve McAtamney, 2000)

		<b>Tablo B</b>								
		<b>Alt kol</b>								
		<b>1</b>			<b>2</b>					
<b>Üst kol</b>	<b>El bileği</b>	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1		1	2	2	1	2	3	1	2	3
2		1	2	3	2	3	4	2	3	4
3		3	4	5	4	5	5	4	5	5
4		4	5	5	5	5	5	5	6	7
5		6	7	8	7	8	8	7	8	8
6		7	8	8	8	8	8	8	9	9

Çizelge 8. REBA Yöntemi C Skoru Puanlaması (Hignett ve McAtamney, 2000)

		<b>C skoru</b>											
<b>A skoru</b>		<b>B skoru</b>											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1		1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
2		1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
3		2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
4		3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
5		4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
6		6	6	6	7	8	8	9	10	10	10	10	10
7		7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
8		8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
9		9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
10		10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
11		11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
12		12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

REBA skoru, risk eylem düzeyleri incelenerek alınması gereken önlemin ciddiyetini belirlemektedir (Çizelge 9).

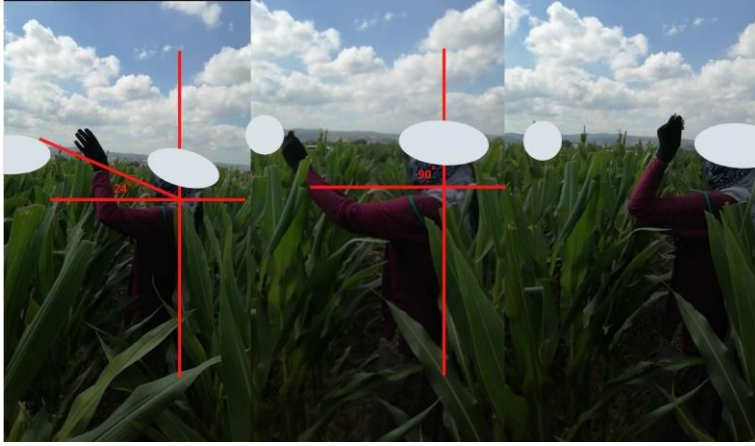
Çizelge 9. REBA Yöntemi Risk Eylem Düzeyleri (Hignett ve McAtamney, 2000)

<b>Derece</b>	<b>REBA Skoru</b>	<b>Risk Seviyesi</b>	<b>Önlem</b>
0	1	İhmal edilebilir	Gerekli değil
1	2-3	Düşük	Gerekli olabilir
2	4-7	Orta	Gerekli
3	8-10	Yüksek	Kısa zaman içinde gerekli
4	11-15	Çok yüksek	Hemen gerekli

### 3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

#### 3.1. Mısır Püskülü Çekim İşçiliği REBA Analizi

Mısır tarlalarında, püskül çekme işi için yapılan faaliyetlerde, mısırların bitki üzerinde tutunduğu seviyelerin genel olarak çalışanların boyundan uzun olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, çalışanların püskül çekimi esnasında boyunlarını geriye doğru uzatmak zorunda kalmalarına neden olmaktadır. Yaklaşık 24° uzanma dikkate alınarak boyun duruşu skoru 2 olarak belirlenmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Boyun ve gövde duruş pozisyonu

Mısır püskülü çekiminde çalışmaların dik bir pozisyonda gerçekleştiği ve gövdede herhangi bir eğiklik olmadığı gözlemlenmiştir. Bu sebeple gövde duruşu skoru 1 olarak belirlenmiştir.

Çalışan, tarla zemininde genel olarak nizami yürüyüş pozisyonunda yürümektedir (Şekil 2). Fotoğraf ve video kayıtları gözlem sonuçlarına göre çalışan dizleri kırık bir vaziyette bekleme yapmamaktadır. Bu yüzden bacak duruşu skoru 1 olarak belirlenmiştir.



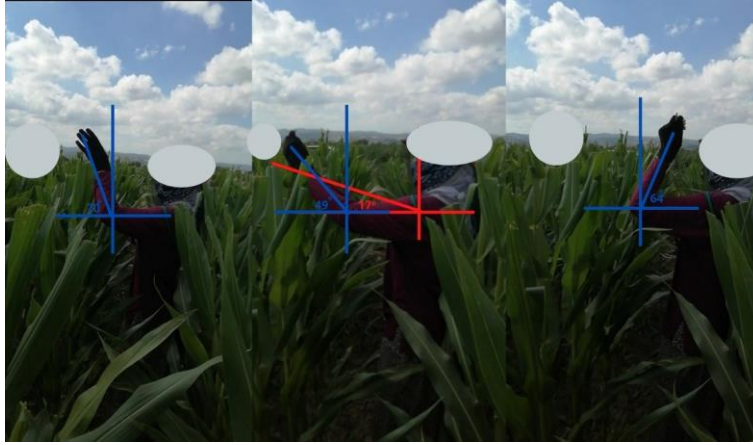
Şekil 2. Bacak duruş pozisyonu

Bu faaliyetlerde kuvvet/yük puanının belirlenmesinde, materyal ağırlığı ve çekme kuvveti dikkate alınmıştır. Çalışılan materyalin ağırlığı 5 kg'dan az olduğundan ağırlık skoru 0, püskül çekimi sırasında hızlı yukarı çekme kuvveti uygulanması nedeniyle skoru 1 olarak belirlenmiştir. Böylece kuvvet/yük skoru 1 olmuştur.

Tablo A skoru belirlenen bacak, boyun ve gövde duruş pozisyonlarının puanları eşleştirilerek 2 değeri bulunmuştur.

Tablo B skoru bulunurken üst kol, alt kol ve el bileği duruş pozisyonu analizlerinin yapılması gerekmektedir.

Çalışan, üst kolunu 90° açı ile tutmakta ancak bu esnada 107° bulunan püskülü tutabilmesi için omzun yukarıya doğru yükselmesi gerekmektedir (Şekil 3). Üst kol 90° duruş pozisyonuna +4 puan, omzun yükselmesi ile birlikte +1 puan eklenmiştir. Bu nedenle üst kol skoru 5 olarak belirlenmiştir.



Şekil 3. Üst kol, alt kol ve el bileği duruş pozisyonu

Alt kolun pozisyonunun genel olarak yukarıya doğru  $100^\circ$  ve üstü açılarda olması nedeniyle alt kol skoru 2 olarak belirlenmiştir.

El bileği  $15^\circ$  açının üstünde, yukarıya doğru bakan bir açıda olduğu için, skor 2 olarak belirlenmiştir. Aynı zaman püskül çekimi esnasında el bileğinin yana doğru dönme pozisyonu olduğundan dolayı +1 puan eklenmiştir.

Duruş puanına kavrayış puanı da eklenmektedir. Kişinin malzemeyi kavrama noktasında herhangi bir güçlük veya zorluk çekmediğinden, kavrama işleminin rahatça yapıldığından dolayı 0 kavrayış skoru verilmiştir. Tablo B skoru belirlenen alt kol, el bileği ve üst kol duruş pozisyonlarının skorları eşleştirilerek 8 bulunmuştur.

Bu faaliyetler için aktivite skorunun belirlenmesinde; çalışanlarda bir veya daha fazla vücut parçasının 1 dakikadan fazla kullanılmıyor (statik) olması (0 puan), kısa aralıklarla tekrarlanan faaliyetlerin bulunması (dakikada dört defadan fazla, +1 puan) ve duruşta kayda değer değişikliklere neden olan faaliyetler ve sabit olmayan zemin olması (+1 puan) durumları dikkate alınmıştır. Aktivite skoru 2 olmuştur.

A ve B puanları C tablosunda eşleştirildiğinde skor 7 bulunmaktadır. Aktivite skoru eklendiğinde mısır püskülü çekim işçiliği için REBA skoru 9 olarak belirlenmiştir. Risk seviyesi aralığına bakıldığında bu skor 8-10 değerleri arasında yüksek risk seviyesindedir ve kısa zaman içinde önlem alınması gerekmektedir.

Mısır püskülü çekme işçiliğinde her mısır sırasında bir kişi çalışmaktadır. Bu çalışmanın süresi sekiz saattir. Mesai başlangıç saati sabah 08:00 bitiş saati 17:00'dır. Sabah saat 10:00'da on beş dakika dinlenme molası, 12:00'da bir saat öğle yemeği molası ve saat 15:00'da on beş dakika dinlenme molası verilmektedir. Mısır püskülü çekim işçiliği için tekrarlı hareketlerin maruziyeti azaltılmalıdır. Dinlenme molalarına ek olarak iki dinlenme molası arasına on beş dakika dinlenme molalarının eklenmesi, maruziyetin azaltılmasında etkili bir idari önlem olacaktır. Bir başka önlem ise mısır boylarının kısaltılmasıdır. Mısır boylarının kısaltıldığında boyun ve kol pozisyonlarındaki değişiklikler risk seviyesini düşürecektir.

### 3.2. Mısır Koçanı Kırım İşçiliği REBA Analizi

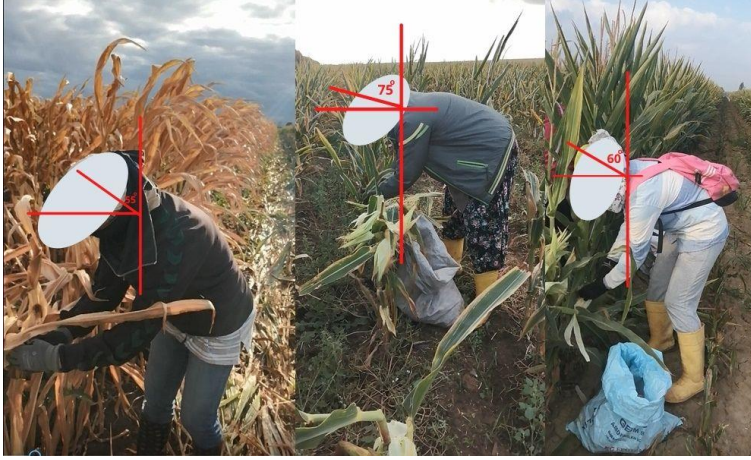
Mısır koçanı kırım işçiliğinde, mısır koçanlarının mısır boyunun alt kısmında olması nedeniyle çalışanlar, mısır koçanını toplarken  $20^\circ - 60^\circ$  açılarda eğilmekte ve eğilmekte (Şekil 4). Gövde, eksenine etrafında dönmemektedir. Bu sebeple gövde duruşu skoru 3 olarak belirlenmiştir.



Şekil 4. Gövde duruş pozisyonu



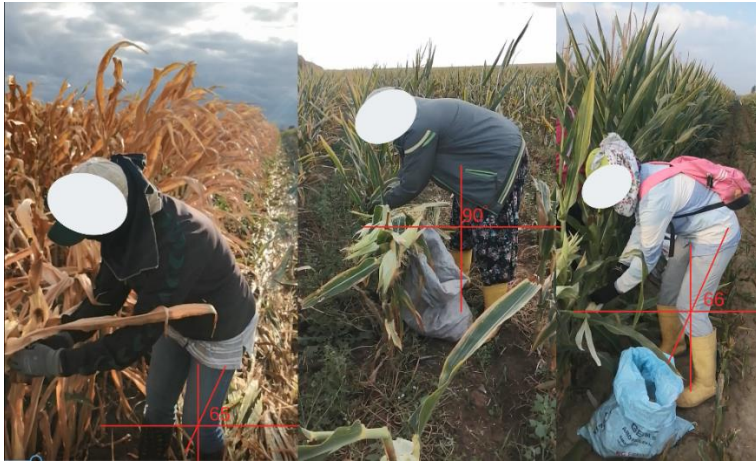
Boyun pozisyonu gövde pozisyonuyla paralel olarak benzer açılardan oluşmaktadır (Şekil 5). Boyun eksenini etrafında dönme veya yana eğilme göstermemektedir.  $20^\circ$  veya  $20^\circ$  den yukarıda olan bir açı ile aşağı yönde uzama meydana gelmektedir. Bu sebeple boyun duruşu skoru 2 olarak belirlenmiştir.



Şekil 5. Boyun duruş pozisyonu

Bacak duruşunda,  $60^\circ$  den fazla bir açıyla dizde kırılma olmaktadır (Şekil 6). Bu sebeple bacak skoru 2 olarak belirlenmiştir. Kuvvet/Yük skoruna bakıldığında, kullanılan malzemenin ağırlığı 5 kg'dan az olduğu ve ani yapılan bir hareket olmadığı için kuvvet/yük skoru 0 olarak değerlendirilmiştir.

Tablo A skoru, belirlenen bacak, boyun ve gövde duruş pozisyonlarının skorlarının eşleştirilmesiyle 5 değerinde bulunmuştur.



Şekil 6. Bacak duruş pozisyonu

Üst kol çalışma pozisyonu açılarının  $20^\circ$ -  $45^\circ$  aralığında olduğu görülmüştür (Şekil 7). Üst kolun dışarı yönde tutulması ve kola destek sağlayacak bir dayanak olmaması nedeniyle üst kol skoruna 2 verilmiştir.



Şekil 7. Üst kol duruş pozisyonu

Alt kol açıları  $60^{\circ}$ -  $100^{\circ}$  aralığında olduğu görülmüş (Şekil 8) ve skoruna 1 verilmiştir. El bileği duruş pozisyonu  $15^{\circ}$  nin üstünde ve tüm yönlere hareketi olmaktadır. Bu nedenle el bileği skoru ise 3 olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 8. Alt kol ve el bileği duruş pozisyonu

Bu faaliyette, malzemenin rahat kavranmasından dolayı, kavrayış puanı 0 olmuştur. Tablo B skoru belirlenen alt kol, el bileği ve üst kol duruş pozisyonlarının skorları eşleştirilerek 3 bulunmuştur.

Çalışanlarda bir veya daha fazla vücut parçası 1 dakikadan fazla kullanılmadığı (statik, 0 puan) ve kısa aralıklarla tekrarlanan faaliyetler bulunmadığı (dakikada 4 defadan fazla, 1 puan) ve duruşta kayda değer değişikliklere neden olan faaliyetler ve sabit olmayan zemin bulunduğu (1 puan) dikkate alınarak aktivite skoru 2 olarak değerlendirilmiştir.

A ve B skorları C tablosunda eşleştirildiğinde 4 skoru bulunmaktadır. Aktivite skorunun eklenmesiyle, mısır koçanı kırım işçiliği REBA skoru 6 olarak belirlenmiştir. Risk seviyesi aralığına bakıldığında bu skor 4-7 değerleri arasında orta risk seviyesindedir ve önlem alınması gereklidir.

Mısır koçanı kırım işçiliği için hasat döneminde malzemenin tarladan toplanması için insan gücü değil makine gücü kullanılmalıdır. Biçerdövere mısır tablası takılarak mısır hasadının yapılması ile risklerin tamamen ortadan kaldırılması mümkün olacaktır.

### 3.3. Mısır Koçanı Temizleme ve Ayıklama İşçiliği REBA Analizi

Mısır koçanı ayıklama ve temizleme işi yarı mekanize olarak her bir makine için aktif 8 çalışan ile yürütülmektedir. Çalışanlar karşılıklı olarak oturarak çalışmışlardır. Bu faaliyet kapsamında boyun duruşu için fotoğraf ve video kayıtları incelendiğinde tüm çalışanlarda  $20^{\circ}$  üzerinde bir açısal değer ile boyunun aşağı yönde uzandığı belirlenmiştir (Şekil 9). Boyunun eksenine etrafında dönmesi veya yana esnemesi görülmemektedir ve boyun duruşu skoru 2 olarak belirlenmiştir.





Şekil 9. Boyun duruş pozisyonu

Gövde duruşu için fotoğraf ve video kayıtları incelediğinde gövde pozisyonunun tüm çalışanlarda  $20^{\circ}$ -  $60^{\circ}$  açısal değer aralığında olduğu tespit edilmiştir (Şekil 10). Gövdenin eksenini etrafında dönmesi veya yana doğru eğilme aktivitesi gerçekleşmemektedir. Bu nedenle gövde duruşu skoru 3 olarak belirlenmiştir.



Şekil 10. Gövde duruş pozisyonu

Farklı bacak duruş pozisyonları görülse dahi bacak pozisyonunun çalışanın ayaklarını koymasına için konulan platformun yüksekliğine bağlı olarak dizlerini  $60^{\circ}$  den fazla kırdığı gözlemlenmiştir (Şekil 11). Bu nedenle bacak duruşu skoru 2 olmuştur.



Şekil 11. Bacak duruş pozisyonu

Kuvvet/yük puanı, çalışılan materyalin 5 kg'dan az olması ve ani hareket görünmemesi nedeniyle 0 olmuştur. Tablo A skorunun, belirlenen bacak, boyun ve gövde duruş pozisyonlarının skorları eşleştirilerek 5 değerinde olduğu bulunmuştur.

B skorunun belirlenebilmesi için üst kol, alt kol ve el bileği duruşlarının incelenmesi gerekmektedir. Üst kol duruş pozisyonları incelendiğinde, çalışanların üst kollarını  $20^{\circ}$ -  $45^{\circ}$  aralığında aşağı yönde tuttukları görülmektedir (Şekil 12). Bazı durumlarda çalışanlar kollarından destek almaktadır ve bu yüzden üst kollarını dışa doğru açmaktadırlar. Bu pozisyon, sürekli olarak kalınan bir pozisyon değildir. Üst kolda omuzların yükselmemesi dikkate alınarak üst kol skoruna 2 verilmiştir.



Şekil 12. Üst kol, alt kol ve el bileği duruş pozisyonları

Çalışanların 60°-100° aralığında dirsekleri kırık bir pozisyonda çalıştıkları görülmüştür. Bu nedenle alt kol skoru 1 olmuştur. El bileği duruş pozisyonu incelendiğinde bant üzerinden akan mısır koçanlarının elenmesi 15° açıdan fazla olması ile birlikte sağa, sola ve eksen etrafında döndürme gibi pozisyonlar genel olarak görülmektedir. Bu nedenle el bileği skoru 3 olarak değerlendirilmiştir.

Kavrayış puanı çalışanın, kavranan materyali kolay tutulabilmesi gözlemine dayanılarak 0 olarak belirlenmiştir.

Bu faaliyette, çalışanlarda bir veya daha fazla vücut parçasının 1 dakikadan fazla kullanılıyor (statik) olması (1 puan), kısa aralıklarla tekrarlanan faaliyetlerin bulunması (dakikada dört defadan fazla, 1 puan) ve duruşta kayda değer değişikliklere neden olan faaliyetler ve sabit olmayan zemin durumunun olmaması (0 puan) dikkate alınarak aktivite skoru 2 olarak değerlendirilmiştir.

A ve B skorları C tablosunda eşleştirildiğinde 4 skoru bulunmuştur. Aktivite skorunun da eklenmesiyle mısır koçanı temizleme ve ayıklama işçiliği REBA skoru 6 olarak belirlenmiştir. Bu skor 4-7 değerleri arasında orta risk seviyesidir ve önlem alınması gerekmektedir.

Mısır koçanı temizleme ve ayıklama işçiliğinde, çalışma pozisyonları bant tezgâhının yeterli yükseklikte olmaması ve bant tezgâhının alt bölümüne çalışanların ayaklarını rahat uzatamaması nedeniyle tezgâh üzerine eğilmek zorunda kalmaktadırlar (Şekil 12). Bant tezgâhı yüksekliğinin kişinin duruşuna uygun yükseklikte olması önem arz etmektedir. Bu oran her bir çalışanın koltuğunun yukarı ve aşağı ayarlanabilir özellikte olması ile sağlanabilir. Ayrıca, bant tezgâhının alt bölümünde çalışanların ayaklarının rahatlıkla uzatabilmesi için bir platformun olması, çalışanların bacak ve ayaklarının statik yüklenmelerini azaltıcı bir etken olacaktır.

Baş ve ark. (2018) Çalışma yerlerinde sergilenen uygunsuz çalışma duruşları, işin gereği yapılması gereken sık, tekrarlı ve sürekli işler ile birlikte maruziyete devam ettiğinde çalışanlarda kas ve iskelet sistemi rahatsızlıklarına neden olmaktadır.

Kahya ve Gürleyen (2018) Ergonomi, çevre ve iş koşullarının çalışana uygun olarak tasarlanması ile çalışan sağlığını ve iş verimini arttırmayı sağlamaktadır. Kas ve iskelet sistemi rahatsızlıklarının önlenmesi amacıyla işyerlerinde ergonomik risk değerlendirme yöntemleri uygulanmakta ve yapılan düzenlemelerle iş yükü azaltılmaktadır.

Akalp ve ark. (2021) tarafından yapılan çalışmada zeytin tarımında faaliyet gösteren çalışanların tüm vücut faaliyetleri esnasındaki çalışma duruşlarını analiz etmek için REBA yöntemini kullanmışlardır. Farklı işçilik türlerinde incelenen çalışma pozisyonlarında işçilerin karşı karşıya kalmış oldukları risklerin "orta", "yüksek" ve "çok yüksek" düzeyde olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Özellikle ağaç dalları üzerinde yapılan kesme ve toplama işi çalışmanı en çok zorlayan işler olarak belirlemişlerdir.

Gündüz ve ark. (2017) tarafından yapılan çalışmada bir çeltik fabrikasındaki üretim hatlarından biri olan paketleme bölümündeki 6 adet iş istasyonunda çalışanların REBA ve BAUA yöntemlerini kullanarak ergonomik risk analizi yapmışlardır. REBA yöntemi kullanılarak analizi yapılan ambalaj topunun makinaya takılması işlemi için risk puanı 8, paketlerin kolilenmesi işlemi için risk puanını 8 olarak hesaplamışlardır. Diğer iş istasyonlarının risk skorlarını BAUA yöntemi ile hesaplamışlardır.

#### 4. SONUÇ

Tohumluk mısır üretimi işinde çalışan mevsimlik tarım işçilerinin üç farklı işçilik türünde çalışma duruşlarının REBA yöntemiyle analizi ve ergonomik risk değerlendirmesi yapılmıştır. İşçilik türlerinin REBA skorları: mısır püskülü çekim işçiliği 8, mısır koçanı kırım işçiliği 6, mısır koçanı temizleme ve ayıklama işçiliği 6 olarak belirlenmiştir. Yüksek risk seviyesinde olduğu belirlenen mısır püskülü çekim faaliyetlerinde, çalışanların risklerinin azaltılması için kısa süre içerisinde önlem alınması gerekmektedir. Mısır kırım işçiliği ve mısır koçanı temizleme ve ayıklama işçilikleri için ise risk seviyesi orta seviyededir ve bu faaliyetler için önlemlerin alınması gerekmektedir.

İncelenen işçilik türlerinden mısır püskül çekimi işçiliği için tekrarlı hareketlere maruziyetin azaltılmasında, molaların artırılması çalışma süresi boyunca maruziyetin azaltılmasında etkin bir önlem olacaktır. Bu önlemlere ek olarak mısır boylarının kısaltılması ile mısır püskül çekimi işçiliği için REBA skoru orta risk seviyeye düşürülmüştür. Mısır koçanı kırım işçiliği için biçerdöverde mısır tablası takarak mısır hasadının yapılması ile çalışanlarda kas ve iskelet sistemi rahatsızlıklarına yol açan riskler, bu işçilik özelinde tamamen ortadan kaldırılabilecektir. Mısır koçanı temizleme ve ayıklama işçiliğinde, bant tezgâhının her bir çalışan boyutlarına uygun yükseklikte ayarlanma olanaklarının sağlanması ve bacaklardaki olası statik yüklenmelerin önlenmesi için ayaklarının rahat koyabileceği bir alanın açılması gerekmektedir.



## NOT

Bu makale, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisans Üstü Eğitim Enstitüsü, İş Sağlığı Güvenliği Anabilim Dalında Arda Geniş Tarafından yürütülen "Tohumluk Mısır Üretiminde Çalışma Duruşlarının Ergonomik Risk Analizi" başlıklı Yüksek Lisans Tezi kapsamında hazırlanmıştır.

## KAYNAKLAR

- Akalp, H.G., Saklangıç, U. ve Çırakoğlu, S. 2021. Zeytin Tarımında Çalışan İşçilerin Çalışma Duruşlarının REBA Yöntemi İle Analizi. *Ergonomi Dergisi*, 4(2), 88-96. DOI: <https://doi.org/10.33439/ergonomi.961369>.
- Aygün, İ., Çakmak, B. ve Alayunt, F.N. 2018. Narenciye Hasadının Ergonomik Açısından İncelenmesi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 6(0), 312-318. DOI: <https://doi.org/10.21923/jesd.358270>.
- Baş, H., Sönmez, H.A., Öztürk, H. ve Yapıcı, F. 2018. Çalışma Duruşunun Kas-İskelet Sistemi Rahatsızlıklarına Etkileri ve Örnek Uygulama. *Ergonomi Dergisi*, 1(2), 103-107. DOI: <https://doi.org/10.33439/ergonomi.481341>.
- Emir, S., Akyıldız, M., Eker, C., Tüfekçi, S., Derici, M. ve Ocaktan, D.G. 2019. Paketleme Bölümünde Çalışanların Çalışma Duruşlarının Ergonomik Risk Analizi. *Ergonomi Dergisi*, 2(2), 126-130. DOI: <https://doi.org/10.33439/ergonomi.488413>.
- Erdemir, F. ve Eldem, C. 2020. Bir Döküm Atölyesindeki Çalışma Duruşlarının Dijital İnsan Modelleme Tabanlı REBA Yöntemi ile Ergonomik Analizi. *Politeknik Dergisi*, 23(2), 435-443. DOI: <https://doi.org/10.2339/politeknik.534877>.
- Felekoğlu, B. ve Taşan, S.Ö. 2017. İş İle İlgili Kas İskelet Sistemi Rahatsızlıklarına Yönelik Ergonomik Risk Değerlendirme: Reaktif / Proaktif Bütünleşik Bir Sistemik Yaklaşım. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 32(3), 777-793. DOI: <https://doi.org/10.17341/gazimmfd.337625>.
- Gündüz, T., Sevimli, M. ve Ulusu, H.A. 2018. Pirinç Paketleme İşinde Çalışanların Çalışma Koşullarının Ergonomik Risk Analizleri İle Geliştirilmesi. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 20(1), 38-54. DOI: <https://doi.org/10.25092/baunfbed.369102>.
- Gürleyen, E. ve Kahya, E. 2018. Kombi Montaj Hattında REBA Yöntemi ile Ergonomik Risk Analizi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 6(0), 58-66. DOI: <https://doi.org/10.21923/jesd.356322>.
- Hignett, S. and McAtamney, L. 2000. Rapid Entire Body Assessment (REBA). *Applied Ergonomics*. 31(2), 201-205. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0003-6870\(99\)00039-3](https://doi.org/10.1016/S0003-6870(99)00039-3).
- Mert, A.E. 2014. Ergonomik Risk Değerlendirme Yöntemlerinin Karşılaştırılması ve Bir Çanta İmalat Atölyesinde Uygulanması. İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi. Ankara: İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü.
- Okan, S.Ü. ve Kaya, A. 2015. Orman Fidanlıklarında Fidan Repikaj İşlerinde Çalışma Duruşlarının REBA Yöntemi İle Analizi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 3(3), 157-163. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/jesd/issue/20874/224013>.
- Özay, M.E. ve Doğanbatır, Ç.S. 2018. Parakende Sektöründe Bir Süpermarkette REBA, NIOSH ve SNOOK Tabloları Yöntemlerini Kullanarak Ergonomik Risk Analizi Vaka Çalışması. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 6(3), 448-459. DOI: <https://doi.org/10.21923/jesd.321303>.
- Polat, O., Mutlu, Ö., Çakanel, H., Doğan, O., Özçetin, E. ve Şen, E. 2017. Bir Mobilya Fabrikasında Çalışan İşçilerin Çalışma Duruşlarının REBA Yöntemi ile Analizi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 5, 263-268. DOI: <https://doi.org/10.21923/jesd.41742>.
- Sabancı, A. ve Sümer, S.K. 2015. *Ergonomi*. Nobel Akademik Yayıncılık Yayın No: 80. Ankara, 472 s.
- Sağıroğlu, H., Coşkun, M.B. ve Erginel, N. 2015. REBA İle Bir Üretim Hattındaki İş İstasyonlarının Ergonomik Risk Analizi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 3(3), 339-345. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/jesd/issue/20874/224045>.
- URL-1. "TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası Mısır Raporu". Erişim tarihi: 03.04.2020. [https://www.zmo.org.tr/genel/bizden\\_detay.php?kod=32782&tipi=38&sube=0%23](https://www.zmo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=32782&tipi=38&sube=0%23).