

**T.C.**

**KONYA NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ  
GASTRONOMİ VE MUTFAK SANATLARI ANA BİLİM DALI  
GASTRONOMİ VE MUTFAK SANATLARI BİLİM DALI**

**ELEKTROSPİNNİNG İLE ÜRETİLEN NİŞASTA BAZLI  
GIDALARIN KULLANIMINA DAİR İNVİVO BİR  
ÇALIŞMA**

**DİLEK DEMİR**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**DANIŞMAN:**

**Doç.Dr. EDA GÜNEŞ**

**Konya-2021**

**T.C.**



**KONYA NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ  
GASTRONOMİ VE MUTFAK SANATLARI ANA BİLİM DALI  
GASTRONOMİ VE MUTFAK SANATLARI BİLİM DALI**

**ELEKTROSPİNNİNG İLE ÜRETİLEN NİŞASTA BAZLI  
GIDALARIN KULLANIMINA DAİR İNVİVO BİR  
ÇALIŞMA / AN INVIVO STUDY ON THE USE OF  
STARCH-BASED FOODS PRODUCED BY  
ELECTROSPINNING**

**DİLEK DEMİR  
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**DANIŞMAN:  
Doç.Dr. EDA GÜNEŞ**

**Konya-2021**

 KONYA	T.C. NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğü	 NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ KONYA SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
--	---	---



### Bilimsel Etik Sayfası

Öğrencinin	Adı Soyadı	Dilek DEMİR		
	Numarası	18810201101		
	Ana Bilim / Bilim Dalı	Gastronomi ve Mutfak Sanatları		
	Programı	Tezli Yüksek Lisans	×	
		Doktora		
Tezin Adı	Elektrospinning İle Üretilen Nişasta Bazlı Gıdaların Kullanımına Dair İnvivo Bir Çalışma			

Bu tezin hazırlanmasında bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini, tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel kurallara uygun olarak atıf yapıldığını bildiririm.

Öğrencinin Adı Soyadı

İmzası



 <b>KONYA</b>	T.C. <b>NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ</b> Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğü	 <b>NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ</b> <b>SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ</b>
---	--	--

## ÖZET

Öğrencinin	Adı Soyadı	Dilek Demir
	Numarası	18810201101
	Ana Bilim / Bilim Dalı	Gastronomi ve Mutfak Sanatları
	Programı	Tezli Yüksek Lisans
	Projenin Adı	Elektrospinning İle Üretilen Nişasta Bazlı Gıdaların Kullanımına Dair İnvivo Bir Çalışma

Çalışmada son yıllarda yaygın olarak kullanılan elektrospinning yönteminden yararlanılmıştır. Buğday, mısır, tapiyoka, patates, pirinç ve modifiye (hızlı) nişasta ürünlerine erişim kolaylığı ve polimer yapıları gereği nanolif ve kompozit çalışmalarındaki kullanılabilirliği, araştırma için hedef materyali oluşturmuştur. Nişastanın depo karbonhidratlar arasında yer alması üretilen nanolif yapılarının obezite oluşturabileceği düşünülüp birçok hastalığın incelendiği model organizma *D. melanogaster* üzerinde araştırma gerçekleştirilmiştir. Nanolif üretimlerinde farklı nişastalar ile (20 ml için %2,5-6) çözeltiler hazırlanmıştır. Üretilen numuneler toksik grup ile birlikte sinek besinleri üzerine eklenerek yaşama-gelişme, ergin ömür uzunluğu, ağırlık, tırmanma, tat, morfolojik değişim, total oksidasyon (TOS) ve total antioksidan etki (TAS) aktivitesi değerlendirilmiştir. Sonuç olarak böcek dokularında total oksidasyon-antioksidan aktivite ve ağırlık stres maddesi hidrojen peroksit (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) eklenen gruplarda toksisiteye bağlı olarak değişim göstermiştir. Gruplar arasında beslenmeye bağlı morfolojik değişimlerde bir farklılık olmadığı, materyallerin ergin ömür uzunluğu ile gelişim sürecini uzattığı belirlenmiştir. Bu sonuçlardan yola çıkarak üretilen nanolif materyallerinin genellikle canlı organizma üzerinde zararlı bir etki oluşturmadığı, nişasta atıklarının ambalaj vb. materyali olarak kullanıma uygun olduğu düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Nişasta, Nanolif, Elektrospinning, Hidrojen peroksit, *Drosophila melanogaster*

 KONYA	T.C. NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğü	 SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
--	---	---

## ABSTRACT

Öğrencinin	Adı Soyadı	Dilek Demir
	Numarası	18810201101
	Ana Bilim / Bilim Dalı	Gastronomi ve Mutfak Sanatları
	Programı	Tezli Yüksek Lisans
	Projenin Adı	An In vivo Study on the Use of Starch-Based Foods Produced by Electrospinning

Electrospinning method, which has been widely used in recent years, was used in the study. The ease of access to wheat, corn, tapioca, potato, rice and modified (fast) starch products and their usability in nanofiber and composite studies due to their polymer structures have formed the target material for research. Considering that starch is among the storage carbohydrates, the nanofiber structures produced may cause obesity, and research has been carried out on the model organism *D. melanogaster*, where many diseases are examined. In nanofiber production, solutions were prepared with different starches (2,5-6% for 20 ml). The produced samples were added to the fly diets together with the toxic group and the survival-development, adult lifespan, weight, climbing, taste, morphological change, total oxidation (TOS), and total antioxidant effect (TAS) activity were evaluated. As a result, the total oxidation-antioxidant activity and weight of the insect tissues changed depending on the toxicity in the groups to which the stress substance hydrogen peroxide (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) was added. It was determined that there was no difference in the morphological changes due to feeding between the groups, and that the materials extended the adult life span and developmental period. Based on these results, it can be said that nanofiber materials produced generally do not have a harmful effect on living organisms.

**Keywords:** Starch, Nanofiber, Electrospinning, Hydrogen peroxide, *Drosophila melanogaster*

## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	i
ABSTRACT.....	ii
İÇİNDEKİLER .....	iii
TABLolar LİSTESİ.....	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	vi
KISALTMALAR LİSTESİ .....	vii

### BİRİNCİ BÖLÜM

<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
1.1. NİŞASTA .....	4
1.2. GIDA ENDÜSTRİSİNDE NİŞASTA VE KULLANIM ALANLARI.....	15
1.3. NİŞASTA BAZLI GIDA ATIKLARI.....	19
1.4. NİŞASTANIN SAĞLIĞA ETKİLERİ.....	21

### İKİNCİ BÖLÜM

<b>2. MATERYAL ve YÖNTEM.....</b>	<b>24</b>
2.1 Materyal.....	24
2.2. Elektrosinning Yöntemi.....	24
2.3. Böcek kültürü .....	28
2.4. Deneme deseni.....	28
2.5. Yaşama-gelişme, Ömür uzunluğu ve ağırlık .....	30
2.6. Tırmanma deneyleri.....	31
2.7. Tat deneyleri .....	32
2.8. In vivo Biyokimyasal analizler .....	34
2.9. Morfolojik Analizler.....	34
2.10. İstatistik .....	35

### ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

<b>3. BULGULAR .....</b>	<b>36</b>
3.1. Nanolif üretimi .....	36

3.2. Yaşama-gelişme .....	37
3.3. Ömür uzunluğu .....	42
3.4.Ağırlık.....	46
3.5. Tırmanma .....	51
3.6.Tat yönelim testi .....	52
3.7.Biyokimyasal analizler .....	55
3.8.Morfolojik analiz .....	59

#### **DÖRDÜNCÜ BÖLÜM**

<b>4.TARTIŞMA .....</b>	<b>60</b>
<b>SONUÇ .....</b>	<b>65</b>
<b>KAYNAKÇA .....</b>	<b>67</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>81</b>

## **TABLolar LİSTESİ**

- Tablo 1.1.** Türkiye’de en çok yetişen nişasta çeşitleri
- Tablo 1.2.** Bazı bitkisel kaynaklı nişasta içerikleri
- Tablo 1.3.** Dünyadaki nişasta bitkileri üretim değerleri
- Tablo 1.4.** Türkiyede nişasta kaynaklarının yetiştirildiği alanlar
- Tablo 1.5.** Amiloz ve amilopektin yapısal karşılaştırması
- Tablo 1.6.** Doğal nişasta granüllerinin özellikleri
- Tablo 1.7.** Enzime dirençli nişastanın sınıflandırılması
- Tablo 1.8.** Nişasta bazlı gıdaların sindirilebilirlik oranları
- Tablo 1.9.** Gıdalardaki nişasta katkı maddeleri
- Tablo 1.10.** Nişastanın farklı sektörlerde bazı kullanım alanları
- Tablo 1.11.** Nişasta bazlı gıdalar ve geliştirici özellikleri
- Tablo 1.12.** Yağ ikame maddesi olarak kullanılan nişasta türevleri
- Tablo 1.13.** Bazı nişasta bazlı gıdaların nişasta içerikleri
- Tablo 1.14.** Hızlı ve yavaş sindirilen nişastaların insanlardaki kan şekeri üzerine etkileri
- Tablo 2.1.** Nişasta örneklerinin nanolif üretimindeki değişkenleri
- Tablo 2.2.** Deney grupları
- Tablo 3.1.** Drosophila melanogaster larvalarının öndeneme sonrası yaşama-gelişim ve eşey oranı etkisi
- Tablo 3.2.** Dişi ve erkek bireylerde nanolif ile beslenmeye bağlı ömür uzunluğu
- Tablo 3.3.** Dişi ve erkek bireylerin TOS (total oksidasyon), TAS (total antioksidasyon) değişimleri ve OSI (oksidatif stres indeksi)

## ŞEKİLLER LİSTESİ

- Şekil 1.1.** Nişasta granülünde bulunan amiloz ve amilopektin kimyasal yapısı
- Şekil 1.2.** Nişasta danelerinin elektron mikroskop görüntüleri
- Şekil 1.3.** Nişasta granüllerinin değişim görüntüleri
- Şekil 2.1.** Elektrospinning üretim görüntüleri
- Şekil 2.2.** Elektrospinning üretiminde sorun yaşanan numune görüntüleri
- Şekil 2.3.** Nişasta çeşitleri üretim fotoğrafları
- Şekil 2.4.** Kültür besini malzemeleri
- Şekil 2.5.** Deneme desenigörüntüsü
- Şekil 2.6.** Tırmanma deney düzeneği
- Şekil 2.7.** Tat deneme deseni besin görüntüleri
- Şekil 2.8.** Tat yönelim düzeneği
- Şekil 3.1.** Deneye dâhil edilmeyen nişasta örneği
- Şekil 3.2.** Nişasta nanoliflerinin SEM görüntüleri
- Şekil 3.3.** *D. melanogaster* sineklerinin ortalama ömür uzunluğu
- Şekil 3.4.** Elektrospinning nişasta nanolifleri, toz nişasta ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> gruplarında sinek ömür uzunluğu
- Şekil 3.5.** Larval ağırlık grafiği
- Şekil 3.6.** Pup ağırlık grafiği
- Şekil 3.7.** Dişi ergin bireylerin ağırlık grafiği
- Şekil 3.8.** Erkek ergin bireylerin ağırlık grafiği
- Şekil 3.9.** Sineklerin ortalama tırmanma davranışları
- Şekil 3.10.** Tırmanma deney grupları
- Şekil 3.11.** Tat yönelim testi tercih grafiği
- Şekil 3.12.** Tat yönelim oranları
- Şekil 3.13.** Dişi ve erkek bireylerde beslenmeye bağlı biyokimyasal değişimler
- Şekil 3.14.** TAS/TOS değişiminin OSI değerine etki görüntüsü
- Şekil 3.15.** Kontrol grubu sineklerinin (larva, pup, ergin) morfolojik görüntüleri
- Şekil 4.1.** Kontrol grubu sineklerin kanat görüntüsü

**KISALTMALAR LİSTESİ**

<b>cm</b>	:Santimetre
<b>°C</b>	:Santigrat Derece
<b>ÇSN</b>	:Çabuk sindirilen nişasta
<b>DMSO</b>	:Dimetil sülfoksit
<b>DN</b>	:Dirençli nişasta
<b>Da</b>	:Molekül kütlesi
<b>Dp</b>	:Polimerizasyon derecesi
<b>dk</b>	:Dakika
<b>E.S</b>	:Elektrospinning
<b>EDN</b>	:Enzime dirençli nişasta
<b>GI</b>	:Glisemik indeks
<b>gr</b>	:Gram
<b>H<sub>2</sub>O<sub>2</sub></b>	:Hidrojen preoksit
<b>ha</b>	:Hektar
<b>kV</b>	:Kilowat
<b>L</b>	:Litre
<b>m</b>	:Mikron
<b>mg</b>	:Miligram
<b>ml</b>	:Mililitre
<b>mM</b>	:Mi'li molar
<b>mmol</b>	:Milimol
<b>nm</b>	:Nanometre
<b>nmol</b>	:Nano mol
<b>OSI</b>	:Oksidatif Stres İndeksi
<b>PC</b>	:Protein/Karbonhidrat
<b>p</b>	:Önem derecesi
<b>pH</b>	: Hidrojen gücü (Power of Hydrogen)
<b>rpm</b>	:Dakikada devir sayısı
<b>SB</b>	:Sabit besin
<b>SH</b>	:Standart hata
<b>sn</b>	:Saniye
<b>s</b>	:Saat

- TAS** :Total antioksidan seviyesi  
**TOS** :Total oksidasyon miktarı  
**μmol** :Mikromol  
**μg** :Mikrogram  
**μm** :Mikrometre  
**vb** :Ve benzeri  
**YSN** :Yavaş sindirilen nişasta



## ÖNSÖZ/TEŞEKKÜR

Lisans ve yüksek lisans dönemlerinde her daim kıymetli bilgilerini ve zamanını benimle paylaşan, bana faydalı olabilmek için elinden gelenin fazlasını yapan, kullanmış olduğu her kelimenin hayatıma kattığı önemi asla unutmayacağım! Değerli danışman hocam Sayın Doç. Dr. Eda GÜNEŞ'e, öğrencilik hayatım boyunca yol göstericim olan çok değerli Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölüm Hocalarıma, numune üretim ve analizlerde Selçuk Üniversitesi Nanobiyoteknoloji Laboratuvarını kullanmama izin veren Doç Dr. Murat YILDIRIM'a ve Gıda Mühendisliği Bölüm hocalarına teşekkür ederim.

Hayatım boyunca en büyük destekçim olan sevgili aileme, teşekkürlerimi sunarım.

DİLEK DEMİR

## BİRİNCİ BÖLÜM

### 1.GİRİŞ

İnsanlara ve doğaya en fazla yarar sağlamaya yönelik yeni ürünlere olan arayışlar her geçen gün daha da artmaktadır. Yeni ürün olarak çevreye dost, insan-hayvan sağlığını riske atmayacak, ekonomik kayıpları aza indirirken biyobozunur ve kullanılabilir 'biyokompozit' kavramı ortaya çıkmıştır. Biyokompozit üretmek için; biyopolimerler matris, takviye faz destek malzeme için tüketilebilir (gıda gibi) ürünler ile hayvansal, bitkisel ve mineral içeren doğal lif kaynaklarından yararlanılmaktadır (Reddy vd., 2013; Yoruç ve Uğraşkan, 2017; Akın vd., 2020; Çelik ve Kılıç, 2020). Biyokompozitlerde biyopolimerlerden yararlanılmaktadır. Biyopolimerler (yeşil polimerler) doğadaki canlıların biyolojik fonksiyonları dışında var olan organizmalar sayesinde oluşan organik polimerlerdir. Organik polimerler kimyasal olarak altı gruba ayrılmaktadır: Proteinler (jelatin ve kollajen), karbonhidratlar, yağ-yag asitleri, polyesterler, özel polimerler ve polifenoller (Çankaya, 2011; Ashter, 2016; Luyt ve Malik, 2019). Biyopolimerlerden lif yapıları elde edilerek ürünün homojenliği sağlamakta ve bunun için elektrospinning yönteminden yararlanılmaktadır (Bhardwaj ve Kundu, 2010). Çalışmada beslenmede en çok kullanılan ve tabak artıklarında bulunan nişastanın, hidrokolloid yapıdaki doğal bir polimer olması tercih edilme nedenidir. Son yıllarda nişastanın kullanım alanının genişletilmesi amacı ile yapılan çalışmalarda da elektrospinningden yararlanıldığı gıda endüstrisinin yeni gıda ve atık değerlendirme (sürdürülebilirlik) arayışında dikkat çekmektedir (Xue vd., 2019). Fakat saf halde bulunan nişasta liflerinin mekanik özellikleri sentetik benzerlerine göre düşük olduğu ve bu sebeple nişasta lif üretim uygulamalarının tam anlamıyla gerçekleştirilebilmesi için mekanik mukavemetlerinin artırılması gerekmektedir (Wang vd., 2019a).

Elektrospinning yöntemi, nanometreden mikrometreye kadar değişiklik gösterebilen belirli çaptaki dokunulmamış polimer lif üretmekte kullanılan çok yönlü bir eğirme tekniğidir (Chronakis, 2005; Akın vd., 2020). Bu teknik için polimer çözeltisi hazırlanmakta ve elektrik alanlarında yer alan bir kaba

yerleştirilmektedir. Polimer çözeltilerinden lif oluşturabilmesi için belirli seviyelerde güç uygulanması (elektrostatik kuvvet) gerekmektedir. Elektrospinningte kuvvet yardımı ile polimer çözeltisi, elektrik yükleri için toplayıcı alan görevindeki kaba taşınmaktadır. Plak yüzeyinde toplanan lif yapılarının çapı oldukça küçülmekte ve son olarak nozülde çıkarılarak üretim gerçekleştirilmektedir (Reneker vd., 2000). Bu yöntem ıslak ve kuru elektrospinning olarak iki farklı şekilde gerçekleştirilebilmektedir (Deitzel vd., 2001; Demir vd., 2002). Kuru eğirmede cihaz üç bölümden oluşmakta ve ilk bölüme besleme bölümü denilmektedir. Bu bölümde pompa, enjektör, çözelti (besleme) kaplosu ile nozül bulunmaktadır. İkinci bölümde kV mertebesinde elektrik kuvveti (güç kaynağı) bulunmaktadır. Son olarak üçüncü bölümde nanolif yapılarını toplaması için belirli hızlarda sabit ya da hareketli bir topraklanmış plaka toplayıcısı yer almaktadır (Elmalı vd., 2020). Kuru elektrospinning yönteminde çözücü (etanol), uzama sırasında buharlaşarak kuru bir lif bırakmaktadır. Islak eğirme yöntemindeyse tek fark üçüncü bölümde toplayıcı plağın (pıhtılaşma banyosu) nanolifleri tutması için farklı bileşiklerinde kullanılabildiği sıvı alanın bulunmasıdır (Wang vd., 2019b). Her iki eğirme yönteminde de hazırlanan çözelti nanolif sıcaklığının, lif yapısını ve eğrilebilirliği üzerinde etkili olan önemli bir kıstasdır (Demir vd., 2002; Chong vd., 2007; Bhardwaj ve Kundu 2010, Herrero vd., 2018). Çalışmadaysa ıslak eğirme tekniği kullanılmış olup; nişasta nanoliflerini tutması için topraklanmış plaka etanol içerisine alınarak pıhtılaşma banyosu hazırlanmıştır. Elektrospinning ile üretilen lifler, hafiflikleri, yüksek yüzey alanları ve yüksek gözenekli yapıları nedeniyle birçok alanda potansiyel uygulama fırsatı sunmaktadır (San-Choi vd., 2008; Vimal vd., 2016; Wang vd., 2019b). Günümüzde özellikle gıda ve atık kullanımında yaygınlaşan bir teknik olması çalışmamıza ilham olmuştur.

Bu çalışmada model organizma olarak meyve sineği *Drosophila melanogaster* (Meigen)'in tercih edilmiştir. Modelin tercih sebebi: Düşük maliyetinin yanı sıra kısa ömürleri ile yapılan birçok çalışmada da belirtildiği gibi insanlarda bulunan temel metabolik işlevleri gerçekleştiren organlara sahip olmasıdır. İnsanlar gibi alınan gıdanın emilimi ve vücutta depolanması böcekte kontrol edilebilmektedir (Canavoso vd., 2001; Baker vd., 2007; Birse vd., 2010;

Musselman vd., 2011; Trinh ve Boulianne, 2013; Owusu-Ansah ve Perrimon, 2014; Rovenko vd., 2014; Smith vd., 2014; Abrat, 2015; Abrat vd., 2018; Musselman ve Kühnlein, 2018; Bayliak vd., 2019; Van-Dam vd., 2020). Karbonhidrat kaynaklarından nişasta, *D. melanogaster* üzerinde kilo artışına sebep olabilmekte ve bu durum akıllara obezite kavramını getirmektedir. Obezite vücuttaki yağ oranının artması sonucu meydana gelen kronik bir rahatsızlık olarak tanımlanabilmektedir (Altunkaynak ve Özbek, 2006). Yüksek kalorili besinlerin ihtiyaç harici tüketimi ile beslenmede aşırıya kaçılması vücuttaki yağ birikimini hızlandırmaktadır. Yüksek kalorili besinler protein, lipit ve karbonhidrat gibi makromoleküller içermekte ve bu moleküller vücutta stres, açlık ve hastalık durumlarında kullanılmak üzere depo edilmektedir (Rajan ve Perrimon, 2013). Depo edilen molekül artışı vücutta aşırı yağ birikimi ve oksidatif stres gibi olumsuz yan etkilere yol açmaktadır (Marseglia vd., 2015). Oksidatif stres ile obezite ilişkisi henüz yapılan çalışmalarda tam olarak açıklanamamıştır. Yüksek karbonhidrat alımı doğrudan strese yol açmasa da obeziteyi teşvik ederek aşırı yemeye, aşırı protein alımı ise strese sebep olabilmektedir (Rovenko vd., 2015a; Rovenko vd., 2015b; Rovenko vd., 2015c). Bu yüzden deney düzeneğinde hidrojen peroksit ( $H_2O_2$ ) ile stres oluşturularak kullanılmıştır (Harrison vd., 2020). Çalışmanın temel amacı aşırı karbonhidrat alımının oluşturduğu yaşamsal değişiklikler ve bu doğrultu da karbonhidrat kaynaklı nişasta nanomalzemelerinin ( $H_2O_2$ ) toksik ortamda oluşturacağı etki ve kullanımının belirlenmesidir. Çalışmada dikkat çekilmek istenen ikinci nokta nişasta bazlı gıda ve kullan at mantığının geliştiği son günlerde atık oluşturan gıdaların farklı yöntemler ile dönüşümünün güvenle sağlanıp sağlanamayacağının test edilmesidir.

## 1.1. NİŞASTA

Nişasta yeşil bitkiler tarafından fotosentez sırasında enerji deposu olarak üretilmekte ve insanlar için önemli karbonhidrat kaynakları arasında yer almaktadır (Köksel, 2007; Abbas vd., 2010; Candal vd., 2016; Van-Hung vd., 2016). Nişasta temel olarak tahıl, kök ve yumrulardan elde edilmekte ve bitkiler yılda 2850 milyon ton nişasta üretilmektedir. Tahıllardan bir yılda yaklaşık 2050 milyon ton nişasta üretilirken, kök ve yumrularda bu oran 679 milyon tondur (Burrell, 2003; Ölçer ve Akın, 2008). Dünya geneline bakıldığında nişasta üretiminde genellikle buğday (*Triticum aestivum*), mısır (*Zea mays*), çavdar (*Secale cereale*), arpa (*Hordeum vulgare*), pirinç (*Oryza sativa*) ve bezelye (*Pisum sativum*) gibi tahıl kaynakları ile patates (*Solanum tuberosum*), tatlı patates (*Ipomoea batatas*) ve kassava (manyok, tapiyoka) (*Manihot esculenta*) türü bitkiler kullanılmaktadır. Ülkemizde en fazla yetiştirilen nişastalı bitkiler buğday, mısır, patates ve bezelyedir (Tablo 1.1; Günel vd., 2010; Kılınççeker, 2019). Bu kaynakların nişasta içerikleri ise yapılan araştırmalara göre; tahıllarda %60-80, kök ve yumrulu bitkilerde %60-90, baklagillerde ise %25-50 oranlarında olduğu belirtilmektedir (Tablo 1.2; Souci vd., 2008; Santana vd., 2014; Erbersdobler vd., 2017; Karagül, 2018; Kılınççeker, 2019).

Nişasta kaynakları (bezelye, patates, mısır, buğday vb.) farklı koşullarda ve çeşitli ülkelerde yetiştirilebilmektedir. Dünya genelinde nişasta kaynakları arasında en fazla tercih edileni patatestir (Roehr, 2001). Çünkü patates ılıman-serin iklimde yetişmesine rağmen geniş bir adaptasyon özelliğine sahiptir (Horton, 1987; Günel vd., 2010). Mısır ise hem ülkemizde hem de dünyada en fazla üretilen tahıl çeşididir. Üretim miktarı 785 milyon ton civarında olan mısır, arpa ve buğday üretiminin iki katını oluşturmaktadır. Türkiye’de yıllık ortalama 3,5 milyon ton mısır üretilmekte ve bu üretimin yarısı Akdeniz Bölgesinde yapılmaktadır (Özcan, 2009). Nişasta kaynakları içerisinde büyük bir öneme sahip olan buğdayın birçok ülkede tarımı yapılmakta ve Dünyada en çok yetiştirilen zirai ürünler arasında yer almaktadır. Dünyada insan gıdasının yaklaşık %21’i bu hububat ile hazırlanan ürünlerden sağlanmaktadır (Talebniya vd., 2010). Tablo 1.3 ve 1.4’de Dünyadaki nişasta içerikli tahıl çeşitlerinin yetiştirilme oranları ile üretim alanı en fazla olan iller verilmektedir.

**Tablo 1.1.** Türkiye’de en çok yetiştirilen nişasta çeşitleri**Tablo 1.2.** Bazı bitkisel kaynakların nişasta içerikleri (Santana vd., 2014).

Kaynak ağırlık)	Türü	Nişasta İçeriği (% kuru)
Buğday	<i>T.aestivum</i>	25,03
Mısır	<i>Z. mays</i>	31,30
Çavdar	<i>S. cereale</i>	56,00
Arpa	<i>H. vulgare</i>	55,00
Pirinç	<i>O. sativa</i>	87,70
Patates	<i>S. tuberosum</i>	23,65
Bezelye	<i>P. sativum</i>	40,00
Kassava	<i>M. esculenta</i>	84,00

**Tablo 1.3.** Dünyadaki Nişasta Bitkileri Üretim Değerleri (Kızılaslan, 2004).

Kaynak		1998	1999	2000	2001	2002	2003						
<b>Buğday</b>	Alan(ha)	219 630	625 973	211 487	964 206	212 701	206 719	214 144	719 485	213 144	485 956	208 956	132
	Üretim(ton)	592 030	342 697.385	584 595	896 595	580 180	014 309	590 180	309 861	572 861	666 497	557 497	308
	Verim(kg/ha)	26 971	27 585	27 333	27 492	26 825	26 777						
<b>Arpa</b>	Alan(ha)	56 689	700 133	52 133	962 207	55 207	472 829	56 829	162 393	53 393	903 169	55 169	336
	Üretim(ton)	137 089	594 604	127 604	180 783	132 783	896 528	144 528	069 359	135 359	661 906	139 906	375
	Verim(kg/ha)	24 267	24 013	23 957	25 607	25 167	25 187						
<b>Çavdar</b>	Alan(ha)	10 666	182 666	9 490	905 666	9 758	920 666	9 909	258 666	9 230	840 666	8 858	188
	Üretim(ton)	20 829	819 895	19 895	968 448	19 448	971 842	23 842	343 286	20 286	919 698	16 698	157
	Verim(kg/ha)	20 446	21 040	20 465	23 558	22 662	19 566						
<b>Yulaf</b>	Alan(ha)	13 218	407 740	12 740	911 176	12 176	815 692	13 692	102 944	12 944	464 405	13 405	000
	Üretim(ton)	26 704	319 475	24 475	505 503	25 503	994 359	27 359	303 849	25 849	450 790	26 790	181
	Verim(kg/ha)	19 631	18 979	290 284	20 838	20 418	20 139						

<b>Mısır</b>	Alan(ha)	138	627	138	910	138	510	139	081	137	830	141	151
		306		114		155		441		111		308	
	Üretim(ton)	614	354	605	203	589	355	614	751	604	407	635	708
		923		834		356		705		521		696	
	Verim(kg/ha)	44	317	43	568	42	550	44	201	43	852	45	037
<b>Pirinç</b>	Alan(ha)	151	998	157	175	154	996	151	696	147	589	150	938
		271		931		427		922		246		100	
	Üretim(ton)	578	768	606	656	597	154	597	889	575	429	584	975
		853		025		664		044		633		923	
	Verim(kg/ha)	38	077	38	597	38	527	39	413	38	989	38	756

**Tablo 1.4.** 2009 yılındaki verilere göre Türkiye’de nişasta kaynaklarının yetiştirildiği alanların (ha) en fazla olduğu iller verilmektedir (Kodaş ve Er, 2012).

<b>Kaynak</b>	<b>Bölge</b>	<b>Bölge</b>	<b>Bölge</b>	<b>Bölge</b>
Buğday	Ağrı	Mardin	Erzincan	Malatya
	1.442	1.059	704	484
Arpa	Kars	Ağrı	Karaman	Ankara
	422	170	93	77
Mısır	İzmir	Mardin	Burdur	Samsun
	290	285	161	141
Çavdar	Erzurum	Ağrı	Bayburt	
	40	16	10	
Yulaf	Kars	Çanakkale		
	120	23		
Çeltik	Samsun			
	36			

### 1.1.1. Nişastanın Kimyasal Yapısı

Nişasta ( $C_6H_{12}O_5$ )<sub>n</sub>, glikozit bağlarla bağlanan çok sayıdaki glikoz biriminden meydana gelen bir polisakkarittir (Whistler ve Daniel, 2000; Abbas vd., 2010). Glikozidik bağlar yüksek pH’da kararlı haldeyken düşük pH’larda parçalanabilmektedir (Adıgüzel, 2013). Nişasta iki tip glikoz bileşeni içermektedir; amiloz ve amilopektin (Yamada vd., 2009). Amiloz yaklaşık 6.000 glikoz biriminin  $\alpha$ -1.4 glikozidik bağla bağlanmasından meydana gelmektedir. Amilozun dallanma uzunluğu ise nişastalı bitki çeşitlerinin hepsinde farklılık göstermektedir. Örneğin, buğday ve mısırdaki 100-200 glikoz uzunluğunda bulunurken patates ve tropikal bitkilerde 1.000-6.000 civarı uzunluktadır. Amilopektin ise  $\alpha$ -1.4 bağlı 10-60 glikoz

biriminden oluşan kısa lineer zincirlere ek olarak 10-45 glikoz birimli  $\alpha$ -1,6 bağlanma yapısında yan-zincirler içermektedir (Tablo 1.5; Van Der-Maarel, 2002).

Amiloz ve amilopektin besin hücrelerinde (çiğ patates ve diğer kaynak bitkilerde) kümeler (granül) halinde bulunmakta, pişirme (ısı uygulama) aşamasında granül yapıdaki bu iki bileşen şişme özelliği göstermektedir. Şişme ile yapıştırma niteliği taşıyan bir yapı ortaya çıkmakta ve bu yapısal nitelik amilopektin sayesinde oluşmaktadır. Çünkü amilopektin ısının da etkisi ile besin hücrelerinin membranlarını yırtarak sindirim kanalında kolay sindirilen bir yapı haline gelmektedir. Gıda üretiminde amiloz iyi jöleler elde etmek için amilopektin ise pelte yapmak için kullanılmaktadır. Örneğin, nişasta çeşitlerinden mısır ve pirinç nişastasında amiloz yoktur ve jöleleşme olmamaktadır. Bu sebeple sütlaç vb. tatlılarda top top homojen olmayan bir yapı oluşturduğu için tercih edilmemekte fakat bebek mamalarında jöleleşme istenmediği için sıklıkla tercih edilmektedir (Tayar ve Çıbık, 2013).

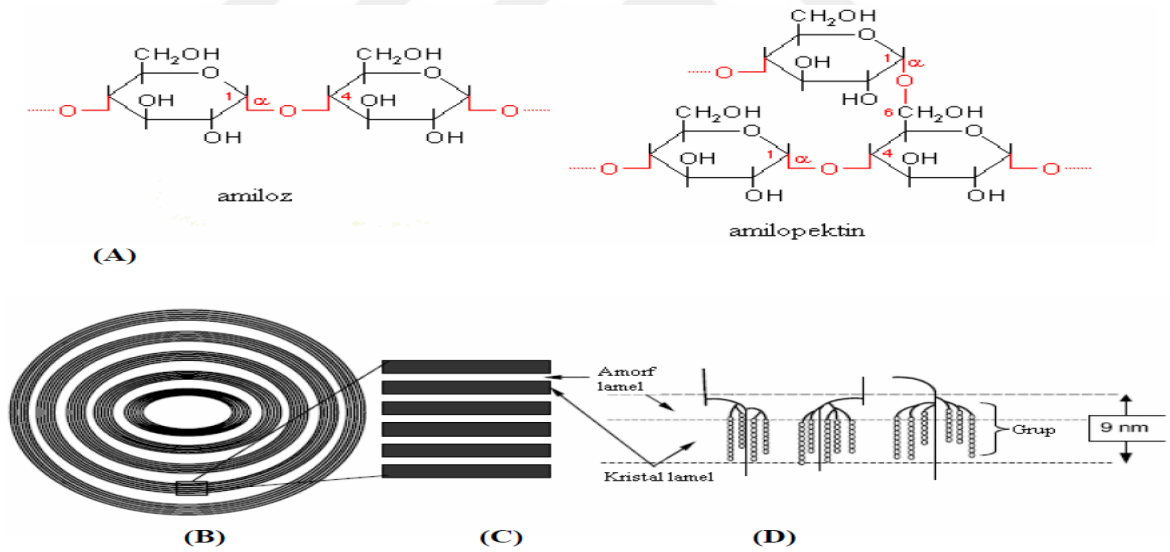
**Tablo 1.5.** Amiloz ve amilopektinin yapısal karşılaştırması (Ball vd., 1998).

Karakter	Amiloz	Amilopektin
Granüldeki yüzde ağırlık (%)	% 15-35	% 65 - 85
$\alpha$ - 1,6 dallarının yüzdesi (%)	< % 1	% 4 - 6
Molekül kütlesi (Da)	$10^4 - 10^5$	$10^7 - 10^8$
Polimerizasyon derecesi (DP)	$10^2 - 10^3$	$10^3 - 10^4$
Zincir uzunluğu ( $\mu$ )	3 - 1000	3 - 50

### 1.1.2. Nişastanın Fiziksel Yapısı

Nişasta, bitkilerde küçük granüller halinde bulunmakta ve suda çözünmemektedir (Gönül,1978). Granüller birbiri ardına sıralanan amorf bölge ve semi-kristal büyüme halkalarından oluşmaktadır. Amorf bölge (moleküldeki şekilsiz yapı), amiloz ve amilopektini içeren kısımdır (Şekil 1.1). Semi-kristal büyüme halkaları ise birbiri ardına sıralanan, yaklaşık 9-10 nm genişlikteki kristal lamellerden oluşmaktadır (Ünver, 1987; Ölçer ve Akın, 2008). Nişasta çeşitleri genellikle %20-25 amiloz ve %75-80 amilopektin içermektedir (Kent, 1970; Elgün

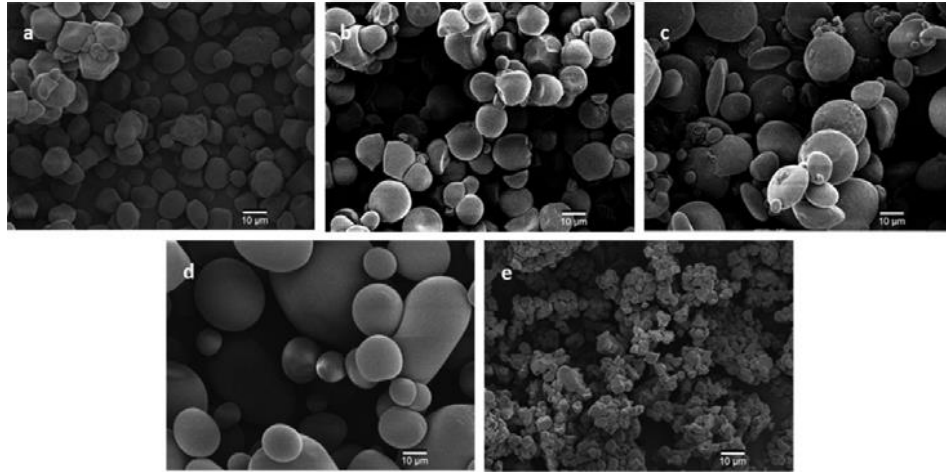
ve Ertugay, 1997; Karaoğlu, 1998). Nişastanın elde edildiği kaynağın cinsine, içinde bulunduğu büyüme evresine ve yer aldığı organa göre granül büyüklüğü ve şekli değişiklik gösterebilmektedir (Tablo 1.6; Demirekin ve Gül, 2016). Bundan dolayı granüller ortalama 3-100 m arasında değişmektedirler. Bitki danesinden elde edilen nişasta granüllerinin çapları daha dar ve kısa (3-20 mikron), yumrudan elde edilen nişastanın granül çapı ise daha geniş (10-100 mikron)'dir (Gönül, 1978). Örneğin, buğdayın granül çapı 10 µm'dan küçük ve 10-35 µm arasında iki ayrı tipte bulunmaktadır. Patatesteyse granül çapı 5-100 µm arasında değişmekte ve tek tiptir. Gıda endüstrisinde kullanılan nişasta granül boyutu da 2-100 µm'dir (Robyt, 1998; Adıgüzel, 2013). Granüller az miktarda protein, fosfor, lipit ve mineral gibi organik/inorganik bileşikler de içerebilmektedir (Zhang vd., 2014; Candal vd., 2016; Zhu, 2016). Şekil 1.2'de bazı nişasta çeşitlerinin elektron mikroskobu altındaki görüntüleri verilmektedir.



**Şekil 1.1.** Nişasta granülünde bulunan amiloz ve amilopektinin kimyasal yapısı (A) ve şematize edilmiş granül organizasyonu (B, C, D). Amorf büyüme halkaları ile ayrılmış kristal lameller (B), amorf ve kristal bölgenin büyütülmüş hali (C), yan yana bulunan amilopektin zincirleri tarafından oluşturulan çift heliks yapısı kristal lamelleri oluştururken, dallanma noktaları ise amorf bölgede yer almaktadır (D), (Ölçer ve Akın, 2008).

**Tablo 1.6.** Bazı bitkilerde doğal nişasta granüllerinin özellikleri (Ölçer ve Akın, 2008; Demirekin ve Gül, 2016).

Nişasta Kaynağı	Büyükük (µm)	Şekil
Mısır	2-30	Küresel/Çok yönlü
Patates	5-100	Mercek şeklinde
Buğday	20-35	Mercek şeklinde
Pirinç	3-8 (basit) 150 (bileşik)	Çok yönlü
Tapiyoka	3-32	Dairesel
Sorgum	5-20	Küresel



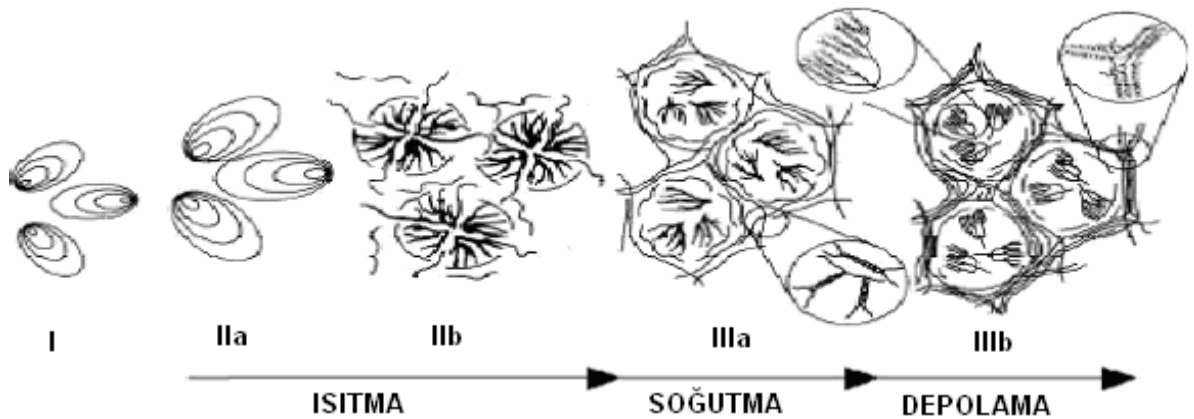
**Şekil 1.2.** Elektron mikroskobu altında mısır (a), tapiyoka (b), buğday (c), patates (d) ve pirinç (e) nişastasının görünümü (Waterschoot vd., 2015; Demirekin ve Gül, 2016).

### 1.1.3. Nişastanın Jelatinizasyon Özelliği

Jelatinizasyon, nişasta granül yapısındaki bozulma anlamına gelmektedir (Atwell vd., 1998; Waterschoot vd., 2015). Doğal nişasta granülleri soğuk suda çözünmemekte ve bu sebeple bazı alanlarda kullanılamamaktadır (Carlstedt vd., 2015). Bu olumsuz etkiden kurtulmak ve jelatinize yapıyı oluşturmak için uygun sıcaklık koşulları ile yeterli miktarda suya ihtiyaç duyulmaktadır. Nişastanın uygun

koşulları için öncelikle soğuk suda nişastanın dağılımı sağlanmakta ve yavaş yavaş ısı artırılarak (50-65°C) karıştırma işlemi gerçekleştirilmektedir. Böylece granülün moleküler yapısı bozularak deforme olmakta ve suyu absorbe ederek şişmektedir (Ünver,1987; Bulut vd., 2012; Carlstedt vd., 2015; Waterschoot vd., 2015; Candal vd., 2016). Jelatinizasyon sonucunda oluşan viskoziteli solüsyon kararlı bir yapı göstermemekte ve bir süre sonra jel haline dönüşmektedir (Eerlingen ve Delcour,1995). Oluşan bu katı jel yapısı ise bekletildiğinde içerisindeki su jelden dışarı sızabilmekte ve bu durum sineresis olarak adlandırılmaktadır (Tayar ve Çıbık, 2013; Zhong vd., 2021).

Jel oluşumu nişastanın granül yapısındaki farklılıklara göre değişim gösterdiği için işlem ısı 70-95°C'ye kadar çıkarılabilmektedir. Jel yapısının oluşum periyodu sineresis olayının tam tersi bir durumda yani fazla zaman alırsa nişasta glikoz fraksiyonlarından olan amilozun yapısındaki bağlar iki sarmal oluşturarak tekrar bağlanmakta ve bu yeniden oluşuma retrogradasyon adı verilmektedir (Lian vd., 2011; Gerits vd., 2015; Lertwanawatana vd., 2015). Retrogradasyon sebebi ile oluşan yapı sindirim esnasında enzime karşı daha dirençli hale gelmektedir (Lian vd., 2011). Jel yapının aynı zamanda gıda sektöründe kıvam artırıcı, raf ömrünü uzatıcı ve dolaylı bir şekilde yapı-tekstür düzenleyici olarak kullanımı yaygındır (Ünver, 1987; Alcazar-Alay ve Meireles, 2015). Şekil 1.3'de nişasta danesinde meydana gelen bazı değişimler gösterilmektedir.



**Şekil 1.3.** Nişasta/su karışımının ısıtılıp soğutulması ve depolanması sırasında oluşan değişimlerin şematik gösterimi (I) soğuk su içerisindeki nişasta granülleri, (II a) şişmiş nişasta granülleri, (II b) amilozun granül dışına çıkması, (III a) amiloz

retrogradasyonu, (III b) amilopektin retrogradasyonu (Gerçekaslan vd., 2007; Kotancılar vd., 2009).

#### **1.1.4. Nişastanın Sindirilebilirliği**

Nişasta önemli bir karbonhidrat kaynağı olduğundan sindirimi ağızda başlayıp ince bağırsakta sonlanmaktadır (Dinç vd., 2014; Kılınççeker, 2019). Nişasta ve nişasta bazlı gıda ürünler de genellikle glisemik indeks oranı ve süresi ile karakterize edilen sindirilebilirlik oranlarına göre sınıflandırılmakta ve sindirim sistemindeki enzimatik sindirim hızına göre; yavaş sindirilen nişasta (YSN), hızlı sindirilen nişasta (ÇSN) ve dirençli nişasta (DN) olmak üzere 3 gruba ayrılmaktadır. Fakat nişasta besinsel kaynak çeşidine göre farklı yapısal özellikler taşımaktadır. Bu farklılıklara göre de, YSN ve ÇSN'nin katılmış olduğu sindirilebilir grup ve DN'nin yer aldığı sindirilmeyen grup olmak üzere 2 ayrı grup oluşmaktadır (Englyst vd., 1992; Englyst vd., 1999; Singh vd., 2010; Kwang vd., 2013; Mir vd., 2013; Demirekin ve Gül, 2016; Corgneau vd., 2019). ÇSN, ekmek ve patates gibi çok fazla işleminden geçirilmiş nişastalı ürünlerle nemli ısıda pişirilen nişastalı gıdalarda yüksek oranda bulunmaktadır. Enzimatik sindirimleri ise 20 dk gibi kısa bir sürede glikoza hidrolize olan nişasta fraksiyonlarına karşılık gelmektedir (Demirekin ve Gül, 2016; Corgneau vd., 2019). Bu tür nişastalar kan şekerini yükselterek hiperglisemiye neden olmaktadır (Zhang ve Hamaker, 2009). Ayrıca hücrelere, doku ve organlara da zarar verdiği bildirilmektedir (Brownlee, 2001). YSN, 120 dk süren enzimatik sindirim sonrasında glikoza dönüşen bir nişasta çeşididir (Tekin ve Fisunoğlu, 2020). ÇSN gibi YSN de ince bağırsakta sindirilmektedir. Fakat YSN'nin sindirimi çok yavaştır ve uzun zaman almaktadır. Yemekten sonra kan şekeri seviyelerinde yavaş bir artışa neden olmaktadır. Bu artışın en büyük getirisi ise kan şekerinin korunmasına yardımcı olmasıdır. YSN, çoğunlukla tahıllı ve pişirilmiş gıdalarda bulunmaktadır (Corgneau vd., 2019). Enzime dirençli nişasta (EDN) ise ilk kez Englyst vd. (1982) tarafından yapılan çalışmada vücuda alınan nişasta kaynağının mide ve ince bağırsakta enzime direnç gösterdiği ve bağırsak florasında kalıntı bıraktığı görülmüştür. Fakat kalın bağırsakta aynı direnci gösteremediği ve fermente olduğu belirtilmiştir. Nişastanın sindirilemeyen (kalıntı olarak kalan) kısmı ise EDN olarak tanımlanmıştır (Nugent, 2005; Baixauli vd., 2008; Kotancılar vd., 2009). EDN'nin fizyolojik özellikleri ile diyet lifleri benzerlik göstermektedir. Bu sebeple

EDN gıdalarda yağ ikamesi olarak kullanılabilir. Yağ yerine kullanılan bu nişasta çeşidi gıdanın hem yağ içeriğini azaltmakta hem de yağların gıdaya kazandırmış olduğu özelliklerden ödün vermemektedir (Kahraman ve Köksel, 2006a). Aynı zamanda EDN bağırsakların yararlı bakteriler ile gelişmesinde de destek sağlamaktadır (Arcila ve Rose, 2015; Candal vd., 2016). Dirençli nişasta %32-36 oranı ile en çok fasulye çeşitlerinde, en az %0,1-3,2'lik bir oranla da buğday, mısır, pirinç, darı ve arpa gibi tahıllarda bulunmaktadır (Xia vd., 2018; Tekin ve Fisunoğlu, 2020). Amilaz enzimleri tarafından sindirime uğramadığı için kandaki şeker seviyesinin kontrolünde, kolesterol, diyabet ve kolon kanserinin önlenmesinde ve mide/bağırsak sağlığının tedavi edilebilmesinde olumlu getirileri bulunmaktadır (Demirekin ve Gül, 2016).

Dirençli nişasta aynı zamanda fiziksel ve kimyasal yapılarına göre EDN1, EDN2, EDN3, EDN4, EDN5 olmak üzere beş tipte sınıflandırılmaktadır (Tablo 1.7). Aralarında sindirim sırasında enzimlere karşı en dirençli olan fraksiyon EDN3'tür. (Escarpa vd., 1996; Kahraman ve Köksel, 2006a ve b; Sajilata vd., 2006; Augustin vd., 2008; Murphy vd., 2008; Sanz vd., 2008; Kotancılar vd., 2009; Tekin ve Fisunoğlu, 2020). EDN1 öğütülmemiş ve az miktarda öğütülmüş tahıl ve baklagillerde; EDN2 pişmemiş patates, yeşil muz ve yüksek amilozlu nişastalarda; EDN3 modifiye nişastaların kullanıldığı bazı gıdalarda (patates ve ekmek gibi); EDN4 kimyasal yapısı modifiye edilmiş nişastalarda ve EDN5 ise yüksek amilozlu gıdalarda bulunmaktadır. EDN2 tipler içerisinde jelatinize olmayan tek fraksiyondur (Kahraman ve Köksel, 2006a; Fuentes-Zaragoza vd., 2011; Arcila ve Rose, 2015). Genel anlamda EDN'yi gıdaların birçoğunda kullanılabilir kılan fizikokimyasal özellikleri ise çirşlenme, kıvamı artırması, jelleşmesi ve suyu absorbe etme kapasitesi olarak sıralanmaktadır. EDN'nin bu özellikleri onun, hazır hamurun işlenebilmesinde ya da reolojisini önemli derecede etkilemeden kullanılmasına imkân sağlamaktadır. EDN gıdaya eklendiğinde yüksek lifli gıdalarda ulaşılamayan bazı önemli özellikler kazandırmaktadır.

EDN, normal yüksek lifli ürünlerle karşılaştırıldığında görüntüsü, dokusu ve gıdanın ağızda bıraktığı hissi olumlu etkilemesi en büyük avantajları arasında yer almaktadır. Aynı zamanda kaplama ürünlerinin ve kahvaltılık tahılların kıtırılığını da

artırmaktadır (Kotancılar vd., 2009). EDN3 üretimi için bazı çalışmalar yürütülmekte ve bu çalışmalarda, EDN3'ün yapısal ve fizikokimyasal özelliklerinin farklı üretim yöntemlerinden etkilendiği belirtilmektedir (Fan vd., 2013; Zeng vd., 2015; Candal vd., 2016). Genel olarak EDN üretiminde, hidrotermal ve mikrodalga yöntemi, ekstrüzyon işlemi, ultrasonikasyon, enzim ve kimyasal uygulamalar gibi yöntemlerden yararlanılmaktadır. Bu yöntemler arasında en yaygın kullanılanı hidrotermal yöntemdir. Ekstrüzyonun ise nişastanın gıda maddelerinde kullanımı için önemli bir yeri bulunmaktadır. Çünkü genellikle makarna ve kahvaltıda tüketilen tahıllar gibi nişasta bazlı gıdalarda sık kullanılan bir işleme tekniğidir (Zhang vd., 2015; Candal vd., 2016). Bazı nişasta ve nişasta bazlı gıdaların sindirilebilirlik oranları Tablo 1.8'de verilmektedir.

**Tablo 1.7.** Enzime dirençli nişastaların sınıflandırılması ve gıda kaynakları (Kotancılar vd., 2009).

EDN Tipi	Tanımı	Gıda Kaynağı
EDN1	Fiziksel olarak erişim sağlanamayan	Kısmen öğütülmüş tahıl, tohumlar ve baklagiller
EDN2	Jelatinize olmamış; $\alpha$ -amilaz tarafından yavaşça hidrolize edilen	Çiğ patates, yeşil muz, baklagiller ve yüksek amilozlu mısır
EDN3	Retrograde nişasta	Piştirilip soğutulmuş patates, ekmek, kahvaltılık gevrekler
EDN4	Kimyasal olarak modifiye edilmiş nişastalar	Modifiye nişasta ile üretilen gıdalar (ekmek, kek vb.)

**Tablo 1.8.** Farklı nişastaların ve nişasta bazlı gıdaların sindirilebilirlik oranları

GIDA	SİNDİRİLEBİLİRLİĞİ	KAYNAK
Pişmiş Patates	>90 <sup>b</sup>	Mishra vd., 2008
Pişmiş pirinç, şehriye ve hamur	43 <sup>a</sup> ve 33 <sup>a</sup>	Koh vd., 2009
Mısır nişastası	99 <sup>b</sup>	Singh vd., 2010
Kimyasal olarak değiştirilmiş mısır nişastası	71-96 <sup>b</sup>	
Patates nişastası	96 <sup>b</sup>	
Modifiye patates nişasta	67-76 <sup>b</sup>	Singh vd., 2010
Mısır gevreği	81 <sup>c</sup>	
Pişmiş pirinç	70-80 <sup>d</sup>	Frei vd., 2003
Baklagil nişastası	80-90 <sup>e</sup>	Hoover ve Zhov, 2003

- 
- a-G hamur başına mg maltoz eşdeğer serbestlik olarak ifade edilmektedir.  
b-Sindirilebilirlik (%) olarak ifade edilmektedir.  
c-Enzimlerle 120 dakika inkübasyondan sonra toplam glikoz olarak ifade edilmektedir.  
d-Sindirilebilir nişasta (%) olarak ifade edilmektedir.  
e-Glikoza dönüşüm olarak ifade edilmektedir (%).



Pişmiş pirinç



Pişmiş patates



Modifiye patates nişastası

### 1.1.5. Nişasta Modifikasyonları

#### Asitle inceltilmiş/düşük viskoziteli nişastalar

Doğal nişastanın bu modifikasyon yöntemi ile viskozitesi azaltılmaktadır. Doğal nişastalar ısıya maruz kaldıklarında aşırı koyu kıvamda jelatinize bir yapı (çiriş) meydana getirmektedir ve bu nişastanın gıda sektöründe kullanım alanını sınırlamaktadır. Bu yöntemde nişasta çözeltisi %1-3 civarında hidroklorik asit (HCl) ya da sülfürik asit ( $H_2SO_4$ ) eklenerek  $50^{\circ}C$ 'de 12-14 saat gibi bir sürede bekletilmekte ve elde edilen çirişlenmiş nişastalar gıda sektöründe lokum, sakız ve pastil ürünlerinde kullanılmaktadır (Ünver, 1987; Hirao vd., 2021).

#### Çapraz bağlı (Cross-Linking) modifiye nişasta

Bu yöntem ile nişasta fosfooksiklorit ya da apidik asit ( $CH_2$ ) gibi iki veya daha çok aktif grubu olan kimyasallar ile muamele edilmektedir. Yöntem sırasında nişasta molekülleri arasındaki hidroksil grupları bu maddeler ile reaksiyona girmekte ve iki nişasta molekülü arasındaki bağlantıyı sağlamaktadır. Bu bağlantı moleküller arasında devamlılığı sürdürmektedir. Moleküller arasında oluşturulan bu çapraz bağlantı (çapraz kovalent bağ) nişastanın birçok karakteristik özelliğini de etkilemekte yani değiştirerek geliştirmektedir. Çapraz bağlama ile asidik bir ortamda yüksek seviyelerde viskozite sağlanabilmektedir. Örneğin, vişneli ya da limonlu turta üzerine dolgu maddesi hazırlarken meyvelerin asit oranının yüksek olması nedeniyle 1,4 bağları ısıya maruz kaldığında hidrolize olmaktadır. Fakat bu olumsuzluk çapraz bağlı nişasta ile kolaylıkla giderilebilmektedir. Çünkü bu tür modifiye nişastalarda asit, bağları hidrolize etse bile çapraz bağlar dolguyu bir arada tutmakta ve ürünün

viskozitesini korumaktadır. Çapraz bağlı nişasta dolgu ya da pasta jölesi göz önüne alındığında üründe retrogradasyonu ve jel maddenin mat görünmesine engel olmaktadır. Çapraz bağlı nişastalar aynı zamanda dondurulmuş ürünlerde sıklıkla tercih edilmektedir. Çünkü doğal nişastaların jel yapısı ürünün erimesi esnasında bozulabilmektedir (Ünver,1987; Murûa-pagola vd., 2021).

### **Okside nişastalar**

Nişastaların hidrolizi sonucunda elde edilen ürünlerin yükseltgenmesi sonucunda okside nişasta elde edilmektedir. Oksidasyon işlemi aslında tesadüfen oluşan bir reaksiyon olup, hidroksillerin aldehitlere, karboksil gruplarına ve ketonlara yükseltgenmesiyle moleküllerin parçalanması sonucunda oluşmaktadır. Özellikle amiloz zincirinde meydana gelen karboksil ve karbonil grupları jelatinizasyon ve retrogradasyon eğilimini azaltmaktadır. Okside nişastalar fazlaca düşük oranlarda da olsa kavrulmuş ve kızartılmış gıda ürünlerinde kaplama materyali olarak kullanılabilir. Yüksek oranlarda oksitlenme sonucunda meydana gelen ürünler ise genellikle cerrahi eldiven üretiminde kullanılmaktadır (Ünver, 1987; Lima vd., 2021).

### **Prejelatinize nişastalar**

Fazla sulu nişastaların jelatinizasyon ısısından biraz fazla ısıtılması ve sonrasında kurutulması prejelatinize nişasta eldesini sağlamaktadır. Bu tür nişastaların en büyük özelliği ise soğuk suda bile şişebilmeleridir. Gıda sektöründe ise bebek mamalarında, dondurmalarda, soğuk suda çözünen kremalarda, hazır tatlılarda ve çorbalarda, soslarda ve keklerde kullanılmaktadır (Ünver,1987;Tian vd.,2021).

## **1.2. GIDA ENDÜSTRİSİNDE NİŞASTA VE KULLANIM ALANLARI**

Nişasta beslenme açısından birçok fonksiyonel özellik göstermektedir. Bu fonksiyonel özellikler nişastaların gıda sektöründe, ürünlerin kıvamını, dokusal özellikleri ile besleyiciliğini arttırmak ve geliştirmek amacıyla kullanılmasında önem taşımaktadır. Fakat nişastaların görünüşü kaynaklarına göre farklılık gösterdiğinden gıda sektöründe kullanım alanları sınırlanmaktadır. Bu durumun en büyük sebebi doğal olarak elde edilen nişastaların ısıtıldıklarında zayıf, yapışkan ve kauçuksu macun yapısında olmasıdır (Adzahan, 2002; Hu vd., 2019). Nişasta çeşitlerinin

özellikleri çeşitli modifikasyon yöntemleri ile geliştirilebilmektedir (Abbas vd., 2010). Modifikasyonunun amacıysa doğal nişastanın yapısal özelliklerini değiştirerek fonksiyonel özelliklerini geliştirmektir (Karaoğlu, 1998). Aynı zamanda enzimatik modifikasyon ile nişastanın bir bölümü maltodekstrin ya da amilolitik enzimler kullanılarak dekstrin adı verilen düşük molekül ağırlığındaki nişastaya hidroliz edilmektedir. (Miyazaki vd., 2006). Bu yöntem ile elde edilen nişastalar ise gıda ve ilaç sanayilerinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Abbas vd., 2010; Kaur vd., 2012). Modifiye nişastaların gıda sektöründe tercih edilmesinin en önemli nedeni rutubetten etkilenmeyen akışkan yapı elde etme ve vazgeçilmez tozlar vermesidir. Bu yöntem ile elde edilen nişastalar gıda sanayisinde kullanılan nişasta maddelerinden sadece biridir. Diğerleri ise kurutulmuş nişasta ve ham toz nişasta olarak belirtilebilmektedir. Örneğin, kurutulmuş nişasta evlerimizde sıklıkla kullandığımız karbartma tozları içerisinde yer almakta ve burada yer alan aktif maddelerin (sodyum alüminyum sülfat ve sodyum asit tartarat) birbirlerinden ayrılmasını sağlayan bir seyreltici madde olarak kullanılmaktadır. Bu özelliği kek ve diğer hamur işlerinde istenilen kabarmanın elde edilmesi ve elastikiyetin sağlanmasında kolaylık sağlamaktadır. Tüm bu özelliklerinin yanı sıra şekerlemecilik sektöründe de sıklıkla tercih edilmekte olan kuru nişastalar, rutubetin absorbe edilmesi için tercih edilmektedir. Çünkü kuru nişastalar (toz mısır nişastasası) sayesinde şekerin topaklanması önlenmekte ve kaliteli şekerler elde edilmektedir. Ham nişastalar da gıda sektöründe genellikle kalınlaştırıcı ve jel yapıcı yani ürün hazırlamada kolaylık sağlayıcı olarak tercih edilmektedir. Örneğin, konserve sanayinde ham nişastanın kalınlaştırıcı özelliğinden yararlanılmaktadır (Uluöz vd., 1974). Bebek mamaları, çorbalar, sos çeşitleri, mayonez benzeri soslar, et suyu konserveleri ve buna benzer konserve ürünleri örnek gösterilebilir (Gönül, 1978). Mısır ve buğday gibi nişastalar kalınlaştırıcı etkisi nedeniyle gıda ürünlerinde katkı maddesi olarak sıklıkla kullanılan kaynaklar arasında yer almaktadır (Tablo 1.9 ve 1.10; Gönül, 1978). Yiyecek sektöründe nişasta çeşitlerinin kullanımları ve gıda üzerindeki olumlu etkileri Tablo 1.11’de verilmektedir.

**Tablo 1.9.** Avrupa gıda katkı maddeleri direktifine göre gıdalarda kullanılan bazı nişasta katkıları (Sajilata ve Singhal, 2005; Abbas vd., 2010).

E KODU	NİŞASTA	E KODU	NİŞASTA
E1400	Dekstrin (kavrulmuş nişasta)	E1401	Asitle işlenmiş nişasta
E1402	Alkali ile muamele edilmiş nişasta	E1403	Ağartılmış nişasta
E1404	Oksitlenmiş nişasta	E1405	Enzim ile işlenmiş nişastalar
E1410	Mono_starch(nişasta) fosfat	E1411	Distarch gliserol
E1412	Sodyum trimetafosfat ile esterleştirilmiş di-nişasta fosfat	E1413	Fosfatlı di-nişasta fosfat
E1414	Asitlenmiş di-nişasta fosfat	E1420	Asetik anhidrit ile esterlenmiş nişasta asetat
E1421	Vinil asetat ile esterlenmiş nişasta asetat	E1422	Asetillenmiş di-nişasta adipat
E1423	Asetillenmiş distarch gliserol	E1430	Di-nişasta gliserin
E1440	Hidroksipropil nişasta	E1441	Hidroksipropil di-nişasta gliserin
E1442	Hidroksipropil di_nişasta fosfat	E1443	Hidroksipropil di-nişasta gliserol
E1450	Nişasta sodyum oktenil süksinat	E1451	Asetillenmiş oksitlenmiş nişasta

**Tablo 1.10.** Nişastanın Farklı Sektörlerde Bazı Kullanım Alanları

SEKTÖR	ÜRÜN/MATERYAL	KAYNAK
Gıda	Dondurulmuş yiyecekler, Mayonezler ve Soslar, Bebek mamaları, Unlu mamuller, Alkolsüz içecekler, Süt ürünleri, Konserveler	Ölçer ve Akın, 2008; Singh vd., 2010
Plastik	Az yoğunlukta, biyolojik olarak parçalanabilir plastikler	Santelia vd., 2011; Kılınççeker, 2019
Eczacılık-Kozmetik	Tabletler, Toz pudra, Kremler	Ölçer ve Akın, 2008; Kılınççeker, 2019
İnşaat	Beton ve yanmaya dayanıklı duvar kâğıdı	Ölçer ve Akın, 2008
Tekstil	Kumaş, İplik, Dokuma ve Baskı	Ölçer ve Akın, 2008; Kılınççeker, 2019
Kâğıt	Oluklu mukavva, Karton, Yapıştırıcı ve Çocuk bezi	Ölçer ve Akın, 2008
Petrol	Sondaj işleminde viskozite ayarlama ve sürtünmeyi azaltma	Kılınççeker, 2019

**Tablo 1.11.** Nişasta bazlı gıdalar ve geliştirici özellikleri

Gıdanın ismi	Nişasta Türü	Etki	Kaynak
Natillas/Vanilla vla	Modifiye ve mısır nişastasası	Kayganlık inceltici, viskozite iyileştirici	Tarrega vd., 2004
Ekmek (çavdar, kepek, buğday vb.)	Modifiye ve mısır nişastasası	Raf ömrünü uzatma	Mckevith, 2004; Onyango, 2016
Kek	Modifiye, mısır ve buğday nişastasası	Doku onarıcı (sertlik)	Hesso vd., 2015
Çıtır atıştırma malzemeleri	Modifiye nişasta	Gevreklik geliştirici (ağızda dağılma)	Sajilata ve Singhal, 2004

Puding	Modifiye ve mısır nişastası	Pürüzsüz doku, yumuşalık, hoş yeme hissi	Eastman, 1987; Dias vd., 1997; Sajilata ve Singhal, 2005
Lokum	Mısır nişastası	Doku onarıcı	Batu ve Kırmacı, 2006
Nişasta Bazlı Şeker	Mısır nişastası	Fruktoz özelliği gösterme	Forshe vd., 2007; Aksoy vd., 2016; Tayar vd., 2013

### 1.2.1. Yağ İkame Maddesi Olarak Nişasta Bazlı Gıda Maddeleri

Gıda bileşenlerinden yağ bilindiği üzere gıda ürünlerinin lezzetini, görünüşünü, dokusal yapısını ve raf ömrünü uzatıcı katkılarda bulunmaktadır. İnsanlar günümüzde bazı lipid çeşitlerinin tüketildiklerinde sağlığı kötü yönde etkileyeceği konusunda endişe etmektedirler. Bu sorun, az yağlı gıda ürünlerinin gelişmesine sebep olmaktadır. Fakat bu ürünler elde edilirken geleneksel ürün kalitesini yakalamak zor olmaktadır. Ürünlerin kalite özelliklerinde farklılık yaratmak için farklı karakterlere sahip yağsız bileşenler kullanılabilir (Mun vd., 2009). Bu bileşenlerden biri de nişastadır. Nişasta gıda ürünlerinde yağ ikame maddesi oluşturmak için tercih edilmekte ve modifiye edilerek birçok gıda ürünüde kullanılmaktadır. Nişasta bazından elde edilen en bilindik yağ ikame edicisi maltodekstrindir. Maltodekstrin, yağı azaltılmış yiyeceklerin kalitesini geliştirme özelliğine sahiptir. Bu yiyecekler, az yağlı tereyağ/margarin, az yağlı mayonez, az yağlı sütlü gıda ürünleri ve az yağlı dondurma olarak sıralanmaktadır. Gelecek yıllarda maltodekstrinlerin sıklıkla tercih edilen nişasta bazlı gıda maddelerinden olması birçok ürün için umut verir niteliktedir (Sajilata ve Singhal, 2004; Abbas vd., 2010; Chen vd., 2020). Bazı nişasta türevi yağ ikame edici maddelerinin Tablo 1.12’de kullanımları verilmektedir. Tablo 1.13’de ise nişasta bazlı gıdaların nişasta oranları belirtilmektedir.

**Tablo 1.12.** Yağ ikame maddesi olarak kullanılan nişasta türevleri ve kullanımı

Gıda	Nişasta Türevi İkame Madde	Kaynak
Az yağlı tereyağ	Maltodekstrin/Patates nişastası hidrolizatı	Mishra ve Rai, 2002
Az yağlı mayonez, salata sosu ve diğerleri	Polidekstroz/Modifiye nişasta	Melwitz vd., 1992
Az yağlı süt ürünleri	Halo nişasta hidrolizatı	Wheelock, 1994
Yağsız/Az yağlı dondurma	Maltodekstrin/Mısır şurubu	Gross ve Haralampu, 1999

**Tablo 1.13.** Bazı nişasta bazlı gıdaların nişasta içerikleri

Nişasta Bazlı Gıda	Nişasta içeriği (%)	Kaynak
<p>Hazır pudung (mısır nişastası)</p>	166	Rahim ve Ova, 2016
<p>Türk lokumu (mısır nişastası)</p>	220, 342 ve 625	Uslu vd., 2010
<p>Kek (buğday nişastası)</p>	210	Boz, 2018
<p>Çilek sos, ranch sos, ketçap ve mayonez (modifiye nişasta)</p>	40-80	Yüceer, 2007
<p>Natillas tatlısı (mısır nişastası)</p>	20-26-32	Tarrega ve Costell, 2006

### 1.3. NİŞASTA BAZLI GIDA ATIKLARI

Ülkemizde refah düzeyinin artması, ekonomik olarak büyüme, kentleşme ve nüfus artışıyla birlikte atık çeşitlerinin ve oranlarının da arttığı görülmektedir (Altuntop, 2014).

İnsanların tüketim alışkanlıkları refah seviyesinin etkisi ile her gün değişmekte ve buna bağlı olarak her bireye düşen katı atık miktarı gün geçtikçe biraz daha artmaktadır (Saltabaş vd., 2009; Şahin Kılınç ve Bekar, 2018). Atık çeşitleri arasında en fazla oranda bulunan gıda atıkları katı atık grubunda yer almaktadır (Bolayır ve Ergülen, 2017; Şahin Kılınç ve Bekar, 2018). Nişasta bazlı gıdalar da gıda atık başlığı altında yer almakta ve gıda atıkları FAO tarafından, ‘üretim, hasat sonrası ve işleme aşamalarında gerçekleşen tedarik zinciri süresi boyunca kalite ve miktardaki gıda kayıpları’ olarak tanımlanmaktadır (Tsang vd., 2019). Her yüzyılda gıda atığı üretimini etkileyen çeşitli unsurlar tanımlanmaktadır (Youngs vd., 1983); yetersiz gıda ürünü seçimi, gerekenden fazla alım, yeterli olmayan depolama alanları, hazırlık aşamalarında yaşanan kayıplar ile yan ürünlerin kullanışlı olmaması gibi birçok neden sıralanmaktadır (Giroto vd., 2015). Bu nedenler ile oluşan gıda israfını/atığı en aza indirmek için ‘gıda bağışı’ yapılabilmektedir (Echevarria vd., 2011; Schneider, 2013). Bağış aslında tüm dünyada uygulanan bir gıda atığı önleme tedbiridir. 2006 senesinde %36 oranında bir payla bağışa en büyük katkıyı süt ürünleri, %31 oranıyla bisküvi, tahıl ve nişasta bazlı gıda ve son olarak en fazla katkıyı %15 oranıyla meyve ve sebze vermektedir (Schneider, 2013; Giroto vd., 2015). Nişasta bazlı gıda atığı kaynaklarına göre, mısır nişastası, manyok nişastası, buğday, patates ve bezelye nişasta atığı olarak sıralanabilmektedir (Sriroth vd., 2000; Genç, 2011; Gültepe ve Bayram, 2019). Nişasta bazlı yemek atıklarına ise spaghetti, ekmek ve pirinç pilavı örnek gösterilebilir (Cao vd., 2018). Mısır nişastası üretiminde oluşan atıklardan hayvan yemi üretilmekte ve bunun yanında etanol üretimi de yapılmaktadır (Gültepe ve Bayram, 2019). Manyok nişastası, üretim sırasında katı atık olarak kendi ağırlığının yaklaşık %10-15’ini oluşturmaktadır. Bu atık ‘hamur’ ismiyle anılmaktadır. Tayland’da nişasta üretiminden kâğıt hamuru elde etmek için senede 10 milyon ton manyok kökü kullanılmaktadır. Kâğıt hamuru, %50-60 oranında kuru bazda nişasta içermekte ve üretim sırasında oluşan manyok kalıntıları selüloz ve pektinaz ile muamele edilerek nişasta oranı arttırılabilmektedir (Sriroth vd., 2000). Buğday, nişastalı diğer bitkiler gibi hidrojen ve biyoyakıt üretimi için oldukça uygundur ve atığı biyoyakıt için hammadde üretiminde kullanılmaktadır (Genç, 2011). Patates nişastasından geriye kalan atıklar diğer nişasta türlerinde de olduğu gibi besi hayvan yemi olarak kullanılabilir (Gültepe ve Bayram, 2019). Cao vd. (2018) yılında yapmış oldukları çalışmada gıda atıklarından biyokömür katalizörü üretmek ve bu atıkların katalitik dönüşümünü test etmek amacıyla, nişasta içeriği fazla olan üç yemek atığı, spaghetti, ekmek ve pirinç pilavı numunelerini toplamışlardır.

### 1.3.1. Nişasta Bazlı Gıda Atıklarının Geri Dönüşümü ve Kullanım Alanı

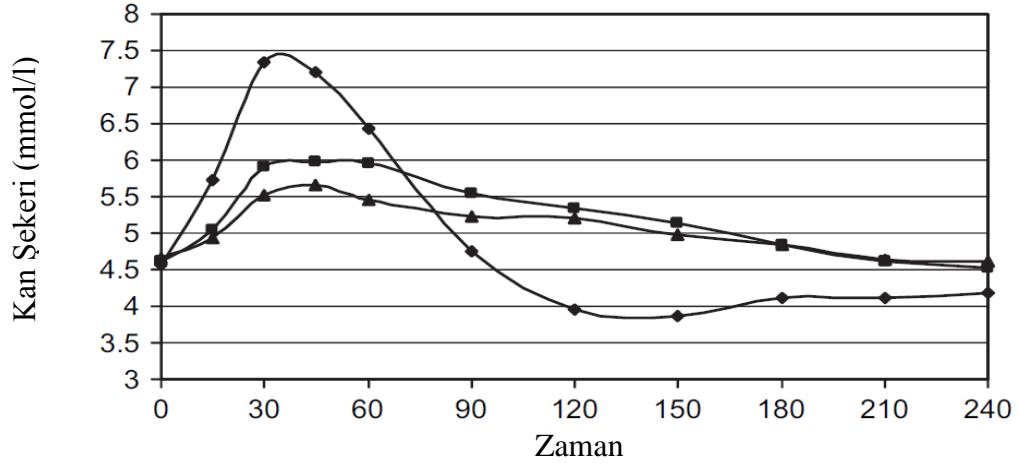
Atık maddeler, insan ihtiyacının karşılanması sonucu ortaya çıkarak çevreyi kötü yönde etkilemektedir. Bu nedenle atıkların bertaraf edilmesi gerekmektedir (Teknikler, 2007). Gelecek nesillere yaşam standardı daha iyi bir dünya bırakmak için atıkların geri dönüştürülmesi ya da geri kazandırılması gerekmektedir (Bolayır ve Ergülen, 2017). Geri dönüşüm, daha önce kullanılmış ve özelliklerini kaybetmiş ürünler ile malzeme bileşenlerinin tekrar kazanıldığı performans olarak tanımlanmaktadır. Tüm bu faaliyetlerin temelini ise ekonomik ve yasal faktörler oluşturmaktadır (Güngör ve Gupta, 1999; Bolayır ve Ergülen, 2017). Geri dönüşüm hem sürdürülebilir bir kalkınma hem de çevresel etkenler için önem teşkil etmektedir. Çünkü geri dönüşüm sayesinde enerji elde edilmekte ve çöp işlerinde kolaylık sağlanarak çevre kirliliği önlenmektedir (Bolayır ve Ergülen, 2017). Dünya genelinde atık çeşitleri arasında en önemli yeri gıda atıkları oluşturmaktadır. Gıda atıkları birçok ülke tarafından çöp olarak bertaraf edilmekteyken, son zamanlarda çöp olmaktan çıkmış ve geri dönüşümü sağlanarak ülke ekonomisine katkıda bulunmaktadır. Gıda atıkları yem hammaddesi ya da biyokütle yakıtında kullanılabilir (Bolayır ve Ergülen, 2017). Gıda endüstrisinde önemli yere sahip olan tahıl sektöründen arta kalan atıklar yüksek nişasta içeriklidir. Bu atıkların geri dönüşümü ile etil alkol, tek hücre proteini, laktik asit ve etanol üretilmektedir (Hofvendahl ve Hahn-Hagerdal, 2000; Şener ve Ünal, 2008; Bengisu, 2014). Etanol, hava kirliliğini ve petrol tüketimini azaltmak için benzinle farklı miktarlarda karıştırılarak kullanılabilen yakıt türleri arasında yer almaktadır (Meral ve Saydan Kanberoğlu, 2012). Etanol nişasta bazlı (buğday, mısır, sorgum) ve şeker içeren (şeker pancarı ve şeker kamışı) gıda ürünlerinin ekmek mayası olan *Saccharomyces cerevisiae* tarafından fermantasyona uğratılması sonucunda elde edilmektedir (Buresova ve Hrivna, 2011; Bengisu, 2014; Altunbay vd., 2016).

### 1.4. NİŞASTANIN SAĞLIĞA ETKİLERİ

Dünyada buğday, çavdar, arpa, tritikale ve yulaf gibi nişasta içeriği yüksek tahıl çeşitlerinin işlenmiş ürünleri bazı insanlarda rahatsızlıklara neden olabilmektedir. Bu rahatsızlıklardan birisi de Çölyak hastalığıdır (Özkaya, 1999; Battais vd., 2005). Bu hastalık glutene karşı hassasiyet sebebiyle sindirim sırasında bağırsakta oluşan emilim bozukluğu olarak tanımlanabilmektedir. Çölyak hastalığının en kritik noktası ise insanların yaşamları süresince devam eden gıda kaynaklı tek alerjik rahatsızlık olmasıdır. İnsanların bu hastalıkla

baş edebilmesi için genellikle nişasta bazlı glutensiz gıda ürünleri tüketilmektedir. Fakat bu ürünler nişasta bazlı oldukları için besleyici değerleri düşüktür (Demir ve Kılınç, 2016). Dirençli nişasta (DN), diyet lifi türü olarak bilinen ve fonksiyonel gıdalarda en fazla kullanılan nişasta türüdür. Halk sağlığından sorumlu kişiler ve diyetisyenler, diyet lifi açısından zengin besinlerin alımının sağlığa yararlı olduğunu kabul etmektedirler (Fernandez-Lopez vd., 2007). Yapılan bazı çalışmalarda yüksek lif (DN) içerikli diyet alımında obezite, kalp hastalıkları, diyabet ve kanser gibi hastalıkların riskinin azaltıldığı görülmektedir (Canovas ve Perez-Alvarez, 2006; Ashwar vd., 2016). Sağlık yararları hususunda YSN hakkında ise günümüze kadar sınırlı çalışmalar yürütülmüştür. Bu çalışmalarda nişasta fraksiyonları içerisinde kesin bir ayırım yapılamamaktadır. YSN'nin sağlığa yararları glikoz metabolizması, diyabet, zihinsel performans ve tokluk ile doğrudan ilişkilidir. Glikoz metabolizması, karbonhidratların metabolik emilim hızları ile ilgilidir. Bu etkiler için kullanılan ölçüm Glisemik İndekstir (GI). Jenkins vd. (2002) yürütmüş oldukları çalışmada düşük GI diyetlerin diyabet ve kardiyovasküler hastalıkların oluşma riskini azaltmada etkili olduğunu ve bu diyetlerin kolon ve meme kanseri riskini önlemede de pozitif bir ilişkisi olduğunu belirtmişlerdir. YSN orta ve düşük GI'ye sahiptir ve bu nedenle yüksek GI'si bulunan ÇSN'ye göre herhangi bir gıda ürününün glisemik yükünü azaltmaktadır (Englyst vd., 2003; Ells vd., 2005; Lehmann ve Robin, 2007). YSN kaynaklı gıda alımları yararlı metabolik yanıt haricinde diyabetin önlenmesinde de tedavi yöntemi olarak önerilmektedir (Axelsen vd., 1999; Seal vd., 2003; Ells vd., 2005; Lehmann ve Robin, 2007). Örneğin, kahvaltıda tüketilen YSN içerikli gıdaların, karbonhidrat metabolizmasını iyileştirdiği ve insüline ihtiyaç duyan diyabet hastalarının, bu ilaca olan gereksinimlerini azalttığı görülmektedir (Golay vd., 1992). Günümüzde diyabet hastalarına YSN kaynağı olarak pişmemiş mısır nişastası önerilmektedir. YSN'nin tokluk ve zihinsel performans ile olan ilişkisi ise kan şekeri ile ilişkilidir (Tablo 1.14; Lehmann ve Robin, 2007).

**Tablo 1.14.** Hızlı ve yavaş sindirilebilir nişastanın 22 sağlıklı bireyin kan şekeri seviyeleri üzerindeki etkiler (35 g mevcut karbonhidrat alımı), (Milon, 2004; Lehmann ve Robin, 2007).



◆ Maltodekstrin, ■ Mısır nişastası, ▲ mumsu mısır nişastası

Çalışmada beslenme ile alınacak ürünlerden yola çıkılarak toksik ortamda nanolif halinde dişi ve erkek sinekler dâhil edilerek; yaşama-gelişim, ömür, ağırlık, hareket, tat ve stres üzerindeki değişimler belirlenmiştir.

## İKİNCİ BÖLÜM

### 2. MATERYAL ve YÖNTEM

#### 2.1 Materyal

Çalışmada nişasta örnekleri ticari (“Dr. Oetker”: Buğday, mısır ve modifiye patates nişastası, “Tito”: Pirinç, “Metro Chef”: Tapiyoka ve patates) olarak 2020-2021 yılında temin edilerek, deney esnasında tamamen aseptik koşullarda kullanılmıştır. Nişasta çeşitlerinden hem toz hem de elektrospinning yöntemi ile nanolif üreterek kullanılmıştır.

#### 2.2. Elektrospinning Yöntemi

Çalışmada nişasta çeşitlerinden (tapiyoka, buğday, patates, mısır, pirinç ve modifiye patates nişastası) nanolif oluşturmak için elektrospinning yöntemi kullanılmıştır. Örnek olarak patates nişastasından nanolif üretimi için [% 6, 1,20 gr + 18,80 ml dimetil sülfoksit (DMSO)], nişasta çözeltisi bir behere alınıp üzeri alüminyum folyo ile kapatılmıştır. Çözeltinin homojen karışması için benmari de büyük bir beher içerisine (30 ml saf su dolu) yerleştirilerek manyetik karıştırıcıda (WiseStir, MSH – 20A) 80°C’de 400 rpm’de 2 s çözdürülmüştür. Üretimi ise bir gün sonra gerçekleştirilmiştir. Çünkü üretim için çözeltilerin 24 s sonra dinlendirilerek yapılması sonucunda daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Lif üretimi için çözelti 13 cm olan 50 ml’lik şırıngaya 10 ml çekilmiştir. Elektrospinning cihazı (Eraktek inovasyon) 13 kV’a ayarlanmıştır. Şırınga pompası (SyringePomp- New Era marka) 0,04 ml/s hıza ayarlanmış olup iğne ucu ile toplayıcı plak arası mesafe 5 cm olarak belirlenmiştir. Şırıngayı pompalayan makinenin pompa hızı 0,04-0,05 ml/s arasında değişmiştir. Sonrasında nişasta liflerini tutması için ayarlanan plak alüminyum folyo ile kaplanmıştır. Üzerine etanol ilave edilmiştir. Üretim ortalama 2-3 s sürmüştür. Oluşan lifler vakum pompası (Value marka) ile süzdürülmüştür. Örneklerin 30 dk 40°C’de etüvde kurutma işlemi yapılmıştır. Kurutma işlemi ne kadar uzarsa numune daha fazla su kaybına uğrayarak küçülmektedir. Nişastanın lif oluşumunun iyi olup olmadığının belirlenmesinde taramalı elektron mikroskopisiyle (Taramalı Elektron Mikroskopu, SEM: Şekil 3.2) görüntü analizi yapıldıktan sonra iyi olan örnekler kullanılmıştır. Şekil 2.1’ de üretime yer verilmiştir. Nanolif üretimleri Selçuk

Üniversitesi Fen Bilimleri NanoBiyoteknoloji araştırma laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.



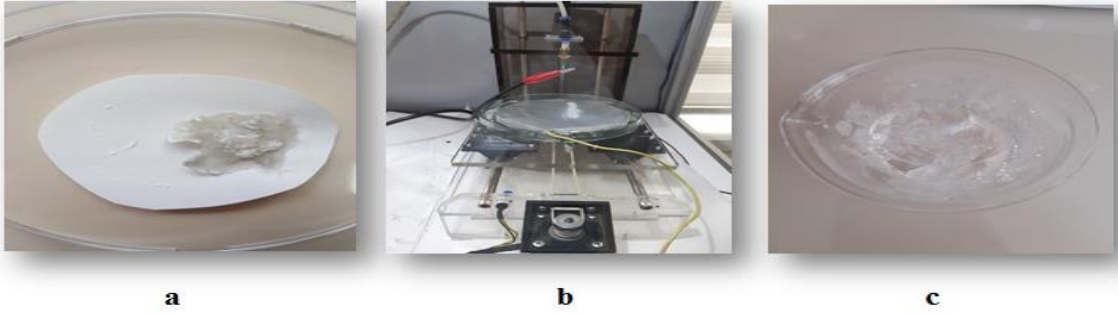
**Şekil 2.1.** Elektrospringle gerçekleştirilen nanolif üretim basamakları; **(a)** Toz nişasta ve DMSO karışımı, **(b)** manyetik karıştırıcı için balık kapsülü, **(c)** numunenin behere alınması, **(d)** manyetik karıştırıcı üzerine alınması, **(e)** numunenin şırıngaya alımı, **(f)** şırınga pompasına takılması, **(g)** elektrospring numune bağlantısının görünümü, **(h)** şırınga pompa hızının ayarlandığı an, **(i)** numunenin lif oluşturmaya başladığı an, **(k)** üretilen liflerin vakum pompasından geçirilmesi, **(l)** vakum pompası sonrası ve **(m)** etüvden çıkarıldığı an.

**Tablo 2.1.** Nişasta örneklerinin Nanolif üretimindeki değişkenleri

Örnek	Üretim değişkenleri
Tapiyoka	Nişasta üretiminde elektrospring 13 kV / şırınga pompa hızı 0,08 ml/s ayarlanmıştır. İğne ucu mesafesi 5 cm'dir.
Buğday	Nişasta üretiminde elektrospring 13,5 kV / şırınga pompa hızı 0,05 ml/s ayarlanmıştır. İğne ucu mesafesi 7 cm'dir.
Mısır	Nişasta üretiminde elektrospring 15 kV / şırınga pompa hızı 0,04 ml/s ayarlanmıştır. İğne ucu mesafesi 7 cm'dir.
Pirinç	Nişasta üretiminde elektrospring 12,5 kV / şırınga pompa hızı 0,05 ml/s ayarlanmıştır. İğne ucu mesafesi 5 cm'dir.
Modifiye patates	Nişasta üretiminde elektrospring 13 kV / şırınga pompa hızı 0,07 ml/s

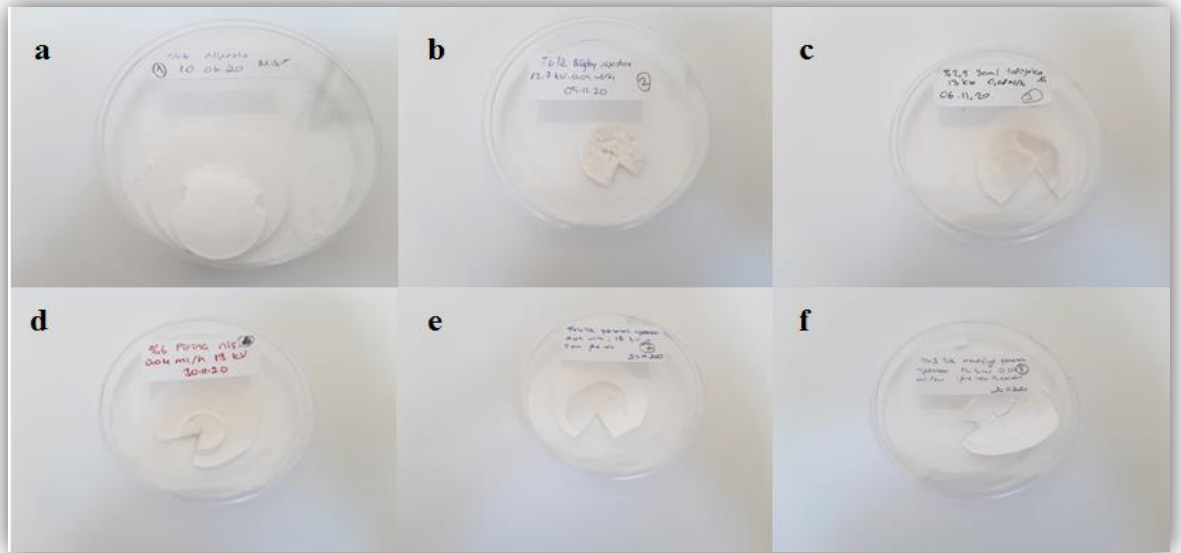
	ayarlanmıştır. İğne ucu mesafesi 5 cm'dir.
Patates	Nişasta üretiminde elektrospinning 13 kV / şırınga pompa hızı 0,04 ml/s ayarlanmıştır. İğne ucu mesafesi 5 cm'dir.

Şekil 2.3'de görülen örneklerin Tablo 2.1'de görülen üretimdeki değişimleri nişasta çözeltilerinin hazırlanma aşamasında ve şırınga pompa hızının ayarlanması sırasında oluşan olumsuz aksilikler nedeni ile farklılıklar göstermiştir. Her nişastanın hazırlanan kolloid yapıda yoğunlaşma süreci değişkendir. Bu nedenle ilk olarak gıda sektöründe hızlı nişasta olarak kullanılan modifiye patates nişastası, ikinci bir işlemde geçirilmiştir. Patates nişastası kaba partiküller halindedir. Partiküller büyüdükçe nişastanın su tutma özelliği de doğru orantılı olarak artış göstermektedir. Deneylerde kullanılmak üzere hazırlanan kültür besininin akışkanlığını etkilememesi ve elektrospinning yöntemi ile nanolif üretiminde hazırlanan çözeltilerde daha az yoğunlaşma olması için nişasta havanda dövülerek daha ince hale getirilmiştir. İlk üretiminde %6 oranında kullanılmış fakat henüz manyetik karıştırıcıdayken donuk jöle haline gelmiştir. Bu nedenle modifiye nişastadan lif üretimi için %3 oranında 0,9 gr modifiye patates nişastası + 19,1 ml DMSO kullanılmıştır. Çözelti hazırlanırken numune 80°C'ye geldiğinde ısı kapatılmış ve hız 500 rpm'e çıkarılmıştır. Sıkıntı yaşanan bir diğer numune ise buğday nişastasıdır. Buğday nişastasının ilk üretiminde çözelti hazırlama aşamasında bir sorun yaşanmamıştır. Fakat üretim için elektrospinning kV ayarlanırken ilk olarak numune 17 kV'da üretime alınmıştır. Henüz 5 dk geçmişken şırınga pompasından numune bir anda akmış ve lif yapısı oluşmamıştır. Aynı ayarlar iki kez denenmiş ve aynı sonuç alınmıştır. Sonrasında çözelti tekrar hazırlanarak 24 s dinlendirilmiştir. Dinlenen numunenin bu ayarda daha iyi sonuç verdiği görülmüş olup (SEM görüntüleri ile) diğer numunelerde bu deneme sonucunda 24 s dinlendirilerek üretime alınmıştır. Elektrospinning 17 kV ayarı fazla geldiği için numune üretiminde hep 13 ve 13,5 kV şeklinde ayarlamalar yapılarak üretimi gerçekleştirilmiştir. Tüm nişasta çözeltilerinin şırınga pompa hızı o nişastanın yoğunluğuna göre ayarlanmıştır. İğne ucu mesafe ayarında ise 5 cm üretim için uygun olarak görülmüştür (SEM görüntüleri). Çünkü toplayıcı plak hareket halinde olduğundan mesafe arttıkça numune etrafa sıçrayarak plak üzerinde az numune kalmasına sebebiyet vermiştir. Şekil 2.2'de buğday nişastasının ilk işlem anı ve işlem sonrası bozulan görüntüsü, modifiye nişastanın yoğun hali verilmiştir.



**Şekil 2.2.** Elektrospinning üretimi sırasında meydana gelen bazı sorunlar; (a) Kurutma sonrası bozulan nanolif yapısı, (b) Buğday nişastasının ilk üretim denemesinde şırınga pompa hızının ve makine kV ayarlanamaması sonucu beşinci dakikada toplayıcı plak üzerindeki numune görüntüsü, (c) Modifiye patates nişastasının %6 oranlarında hazırlanan çözeltisi.

Üretilen her örnek için taramalı elektron mikroskopisi ile görüntü alınarak lif oluşumu ve örnek uygunluğu belirlenmiştir (Şekil 2.3). SEM analizinde örnekler altın sprej (Sputter kaplayıcı SPI-Module, West Chester, PA, USA) kullanılarak kaplanmış ve görüntülenmiş (SEM / Hitachi VP-SEM SU1510-America, 20 kV); lif oluşumu görülmeyen örnekler deney grubundan çıkarılmıştır (Jia vd., 2014). Sem görüntülemesi Necmettin Erbakan Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezinde (BİTAM) gerçekleştirilmiştir.

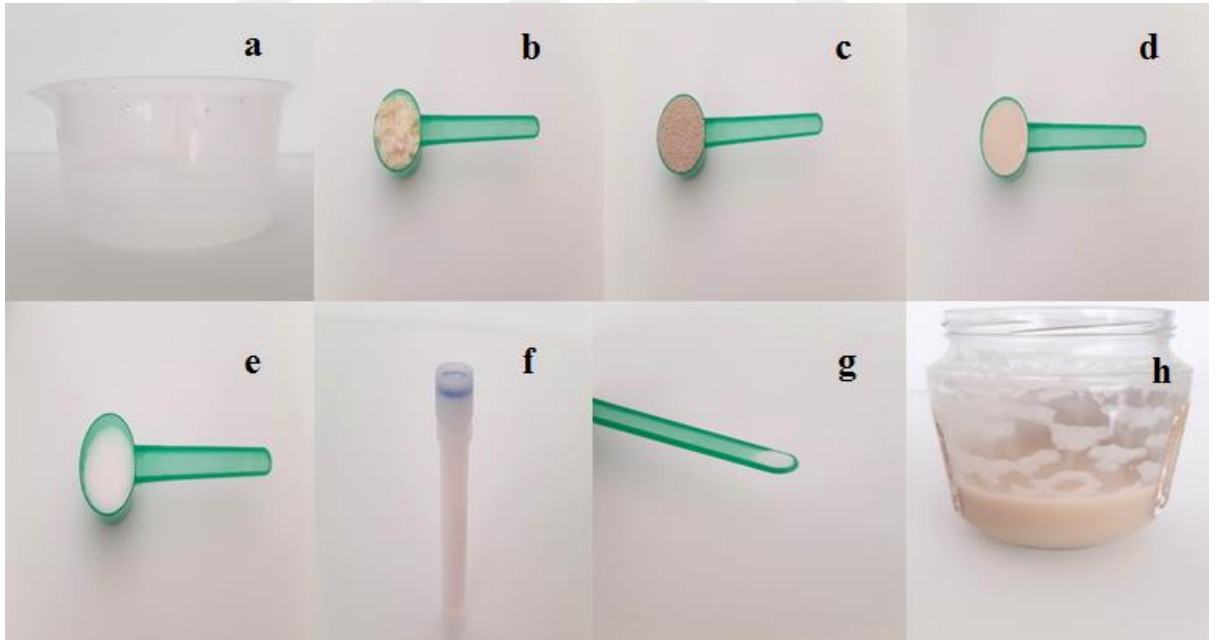


**Şekil 2.3.** Nişasta çeşitleri üretim fotoğrafları; (a) Mısır, (b) Buğday, (c) Tapiyoka, (d) Pirinç, (e) Patates ve (f) Modifiye Patates nişastası.

Üretilen nişasta liflerinin kültür besinine ne kadar ekleneceği elektrospinning üretiminde kullanılan oranlara göre belirlenmiş olup, nanomateryaller ile yapılan önceki çalışmalar (Güneş, 2021a; Lee vd., 2015) da temel alınarak kullanım miktarına karar verilmiştir.

### 2.3. Böcek kültürü

*D. melanogaster* (W<sup>1118</sup>) kültür suşları 2014 yılından beri bölüm laboratuvarında kültürü devam etmektedir. Standart kültür besini (SB) Güneş ve Büyükgüzel (2017) tarafından tarif edilen içeriklerle (agar, patates püresi, şeker, maya, c vitamini, su ve fungostatin, Şekil 2.4) oluşturulmaktadır. Kültür ve deneyler 200 ml'lik şişeler içerisinde Nüve marka inkübatörde 12 s aydınlık/12 s karanlık fotoperiyotta tutulmaktadır ( $25 \pm 2^\circ\text{C}$  ve % 60-70 bağıl nem). Besinler 3-4 günde bir yenilenmektedir. SB besin aynı zamanda tat deneylerinde ve kontrol (sham) olarak da kullanılmıştır.



**Şekil 2.4.** Kültür besini malzemeleri; (a) 250 ml saf su, (b) toz patates püresi, (c) maya, (d) agar agar, (e) şeker, (f) mantar ilacı, (g) C vitamini ve (h) besinin mikro dalga fırında 1 dk 45 sn pişirilmesi sonrası görüntüsü.

### 2.4. Deneme deseni

*D. melanogaster*'in yumurtadan yeni çıkmış larvaları (1. evre) farklı nişastalar ile (SB, elektrospinning ile üretilen lif – E.S ve toz nişasta) hazırlanan

besinlerde ergin evreye kadar yetiştirilmiş olup: Böceğin yumurtadan ergin evreye kadar yaşama, gelişimi ve ergin ömür uzunluğu belirlenmiştir. 20 farklı deney ortamı hazırlanmıştır. Hazırlanan deney grupları Tablo 2.2’de görülmekte olup, deneyler ağzı pamuklu falkon tüplerinde yürütülmüştür (Şekil 2.5).

**Tablo 2.2.** Deney Grupları

<b>NİŞASTA ÇEŞİDİ</b>	<b>TÜP NO</b>	<b>İÇERİK</b>
<b>Kontrol (sham)</b>	1	SB
<b>(+) Kontrol</b>	2*	SB + H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
<b>Buğday</b>	3	SB + Toz buğday nişastası
	4'	SB + E.S ile üretilen buğday nişasta nanolifi
	5*	SB + E.S ile üretilen buğday nişasta nanolifi + H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
<b>Patates</b>	6	SB + Toz patates nişastası
	7'	SB + E.S ile üretilen patates nişasta nanolifi
	8*	SB + E.S ile üretilen patates nişasta nanolifi + H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
<b>Mısır</b>	9	SB + Toz mısır nişastası
	10'	SB + E.S ile üretilen mısır nişasta nanolifi
	11*	SB + E.S ile üretilen mısır nişasta nanolifi + H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
<b>Pirinç</b>	12	SB + Toz pirinç nişastası
	13'	SB + E.S ile üretilen pirinç nişasta nanolifi
	14*	SB + E.S ile üretilen pirinç nişasta nanolifi + H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
<b>Tapiyoka</b>	15	SB + Toz tapiyoka nişastası
	16'	SB + E.S ile üretilen tapiyoka nişasta nanolifi
	17*	SB + E.S ile üretilen tapiyoka nişasta nanolifi + H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
<b>Modifiye patates</b>	18	SB + Toz modifiye patates nişastası
	19'	SB + E.S ile üretilen modifiye patates nişasta nanolifi
	20*	SB + E.S ile üretilen modifiye patates nişasta nanolifi + H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>

(\* ) Toksik gruplar, E.S’li gruplar (')

Tablo 2.2’de yer alan deney grubunda; kontrol amaçlı olarak SB ile beslenen bir grup ve negatif kontrol grubu olarak ise Hidrojen peroksit (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) ile toksisite grubu eklenmiştir. Her örnek için: (A) toz ve (B) tozun E.S ile üretimi ile oluşan madde ve (C) H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> + E.S grubu oluşturulmuştur.

Ön denemelerde elektrospinning’de DMSO kullanıldığı için ayrıca bir DMSO; DMSO + E.S; DMSO + E.S + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> grupları oluşturulmuş fakat DMSO içeren falkon tüplerindeki böcek larvalarının ekim yapıldıktan bir gün sonra öldüğü belirlenmiştir. İki deneme sonrasında aynı durum görüldüğü için DMSO deney grubundan çıkarılmıştır. Stres oluşturmak amacı ile kullanılan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (20 ml besin için 0,008 ml; Wang vd., 2019a) saf su ile karıştırılarak hazırlanıp, kurutma kağıdı batırılan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> çözeltileri falkon tüplerine konulmuştur.



**Şekil 2.5.** Deneme deseni görüntüsü.

### **2.5. Yaşama-gelişme, Ömür uzunluğu ve ağırlık**

Yaşama ve gelişim deneyinde tablo 2.2’de verilen deney grupları hazırlanarak falkon tüplerine (2 cm besin) aktarılmıştır. Deneyde aynı yaşta bireyler elde etmek için öncelikle kültürden dişi ve erkek bireyler alınarak bir gün çiftleştirilip morga kaldırılmıştır. Bu besin içinde yumurta oluşumu ve açılması gözlemlendikten hemen sonra birinci evre larvaları deneme desenine aktarılmıştır. Böylece her gruba 100’er adet *D. melanogaster* birinci evre larvaları eklenmiştir. Sineklerin ölmemeleri ve kaçmamaları için falkon tüpleri pamuk ile kapatılmıştır. Deney tüplerindeki larvalar üçüncü evreye gelene kadar 12 s arayla kontrol edilmiştir. Gün takibine göre oluşturulan tablo ile ortalama üçüncü evreye ulaşan birey sayısı bir deney şişesinde her birey için üçüncü evrenin görüldüğü gün - ekim günü /üçüncü evre ve larval gelişim süresine ulaşan larva sayısı hesaplanmıştır. Yaşama oranı hesaplanmasında aşılana larva sayısına üçüncü evreye ulaşan larvalara oranla toplam larva sayısı yüzdelik olarak hesaplanmıştır (Güneş ve Danacıoğlu, 2018). Tüm deney grupları günlük takip edilerek kayıtlar yaşam oranı ile gelişme sürelerinin hesaplandığı tablolara girilmiştir. Benzer hesaplamalar tüm pup ve yetişkinler için de yapılmıştır. Bu tablolar ekim tarihi ve saati dikkate alınarak veri analizi için hazırlanmıştır. Erginleşen bireyler mikroskop altında cinsiyetlerine karar verilmiş ve sayıları hesaplanmıştır.

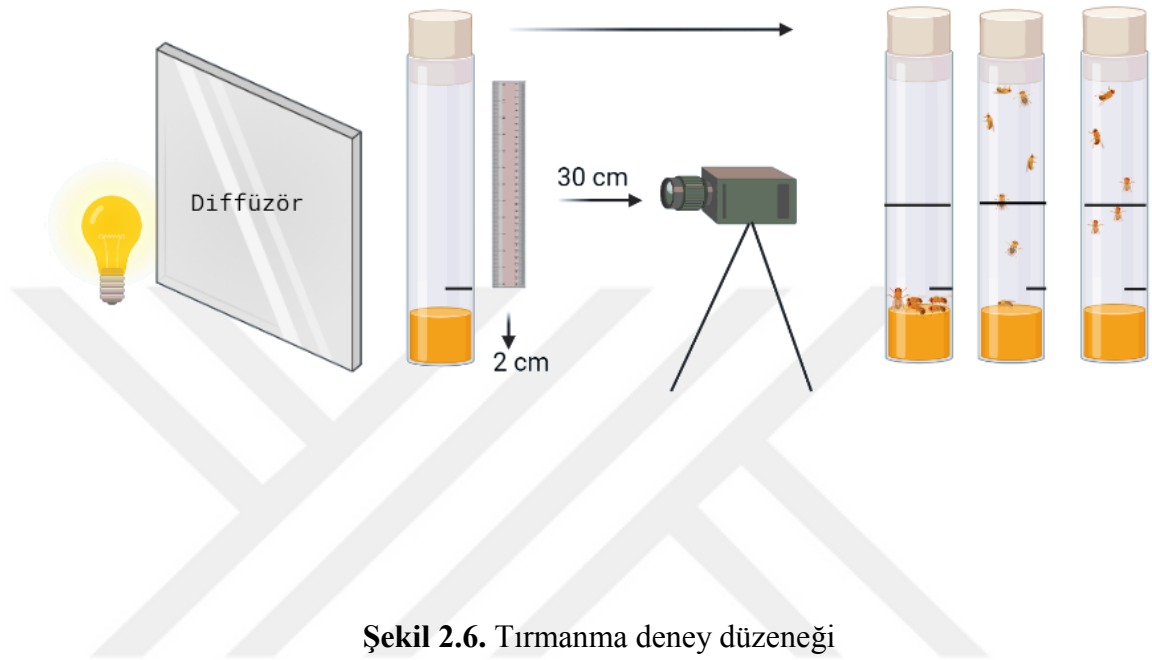
Tüm evrelerin ağırlıklarının hesaplanmasında; örneğin ergin için yetişkin oldukları bir gün sonrasında dondurularak eppendorf tüplerine alınıp dişi ve erkeklerin baş ve vücut ağırlıkları beşli gruplar 1 µg hassasiyetle dijital terazide (DM.3) tartılmıştır ve birey sayısına bölünmüştür (Martinez vd., 2007; Halmenschelager ve Rocha, 2019; Güneş, 2021b).

Deney gruplarının ömür uzunluğu; yaşama ve gelişimde olduğu gibi aynı besinleri içeren falkon tüplerinde devam ettirilmiştir. Ömür uzunluğunda böceklerin çoğalmalarına fırsat verilmemek için besinler 2 günde bir (pazartesi, çarşamba ve cuma günleri) değiştirilmiş ve dişi-erkek ayırımına gidilmemiştir. Deneyler son birey ölünceye kadar (yaklaşık 3,5 ay) devam etmiştir. Her aktarımda yaşama ve gelişme de olduğu gibi ölen böcekler sayılarak cinslerine göre kaydedilmiş ve morga alınmıştır (Biçer Bayram, 2020). Kontrol süresi tüm böcekler hayatlarını kaybedene kadar devam etmiştir. Ömür uzunluğu kontrolleri İpek (2020)'in çalışmasına göre revize edilmiştir.

## 2.6. Tırmanma deneyleri

Tırmanma deneyi için 10 gün önceden SB üzerine ekilen böcekler besinden boş bir cam şişeye alınarak aç bırakılmış ve soğuk anestezi uygulanarak 6'şar adet toplanmış ve deney gruplarının bulunduğu besin ortamına dağıtılmıştır. Tırmanma deneyi yapılan önceki çalışmalardan uyarlanarak gerçekleştirilmiştir (Feany ve Bender, 2000; Gargano vd., 2005; Peng vd., 2012; Oymak, 2019; Suttisansanee vd., 2020; Güneş, 2021b). İçinde 2 ml besin bulunan 10 cm uzunluğunda 14 taksimatli ve 2.8 cm çapında falkon tüpleri, besin üstünden 1 cm çizilerek arkasında ışık ve difüzör bulunan masaya alınıp düzenek oluşturulmuştur (Şekil 2.6). Ortama 6 adet bırakılan ergin anestezinin kaybolması için 10 sn dinlendirilmiştir. Bu işlem aktifliğin fazla olduğu sabah 9 saatlerinde başlanarak 2 s içinde her tüp için 4'er kez yapılmış, böylece toplam tırmanma davranışı gözlenmiştir (dişi-erkek ayırımı yapılmadan her tüpte eşit birey olacak şekilde). Negatif jeotaksisten faydalanarak tüpler 3 kez hızlıca masaya vurulmuş, ardından 5 sn beklenerek fotoğraflanmıştır. Bu işlem her tüp için 4 kez tekrarlanmıştır. Fotoğraflanan tüpler işaret bölgelerinden 5 kadrana bölünmüş ve 5 sn sonunda tırmanma puanları oluşturulmuştur. Tüpün en üstünde kalanlar 5, en

altta kalanlara ise 1 puan verilmiştir. Her tüpte tırmanma davranış skorları belirlenirken ortalama puan/ birey sayısı olarak hesaplanmıştır.

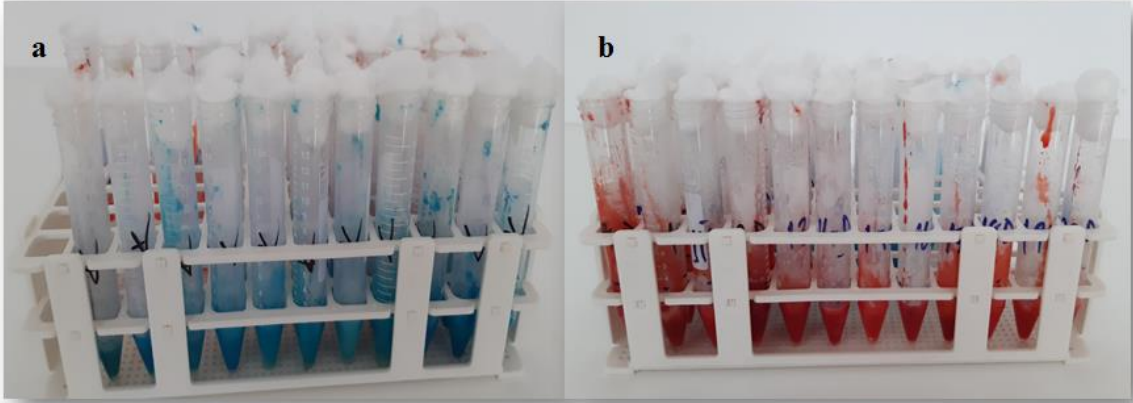


Şekil 2.6. Tırmanma deney düzeneği

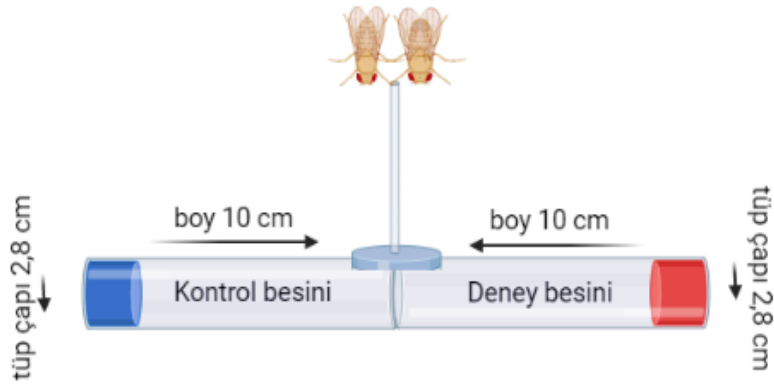
### 2.7. Tat deneyleri

Tat yönelim testi için SB diyeti ile beslendikten sonra çiftleşmemiş 2 günlük erkek ve dişi bireyler soğuk anestezi altında toplanarak gruplara 50'şer (her grupta eşit dişi-erkek olacak şekilde) adet dağıtılmıştır. Kullanılan böcekler literatürde olduğu gibi 2 s aç bırakıldıktan sonra yönelim deneylerine başlanmış, 120 dk beslenme ve yönelimleri takip edilmiş, deney sonrası kalan bireyler soğuk anestezi uygulanarak morga atılmıştır. Kontrol gruplarına mavi gıda boyası (% 0,5) eklenirken deney gruplarına aynı oranda kırmızı gıda boyası eklenmiş, deney başlangıcında kırmızı ve mavi gıda boyasına yönelim de belirlenmiştir (Şekil 2.7). Skoruması için besinli (0 dk) ve beslenme sonrası (120 dk) deney tüpleri tartılmış; sineklerin 5, 60 ve 120 dk sonunda yönelimleri belirlenip morga kaldırmadan önce abdomen renkleri mikroskop altında gözlenmiştir. Deneyler sineğin aktif olduğu aynı sabah saatlerinde yapılmıştır, hep günün aynı saatlerinde kontrol edilmiştir. Sinek rengi ve görüntülere bağlı olarak tercih indeksi  $[PI=$

(kontrol grubunda görülen böcek sayısı + deney grubunda görülen böcek sayısı)/ toplam böcek sayısı] oluşturulmuş;  $0,5 <$  ürünü tercih etmeyenler,  $0,5-1$  arası tercih edilen gıda olarak söylenmiştir. Yöntem Dus vd., 2011'den revize edilerek yapılmıştır. Kontrol amaçlı ikinci bir tercih indeksi ise tartımlara göre yapılmıştır. 60 ve 120 dk gözlemine göre grafik oluşturulmuştur. Deney düzeneği Şekil 2.8'de görülmektedir.



**Şekil 2.7.** Tat deneme deseni için hazırlanan besinler; (a) kırmızı gıda boyalı deney grupları, (b) mavi gıda boyalı kontrol grupları



**Şekil 2.8.** Tat yönelim düzeneği

## 2.8. In vivo Biyokimyasal analizler

Deneme deseni ile beslenen ergin çiftleşmiş dişi ve erkek bireyler erginleştikten ve çiftleştikten 3-4 gün sonra her grupta 10'ar tane (5 d/5e) olacak şekilde soğuk anestezi altında cinsiyet ayrımı yapılarak biyokimyasal değişimlerin belirlenmesi için toplanmıştır (Andersen vd., 2010; Liu vd., 2019). Toplanan örneklerin ekstraksiyonunu yapmak için +4°C'lik bir ortamda ultrasonik homojenizatör (10 sn, 30 W, sonoplus HD2070, Bahçelik, Berlin, Almanya), soğuk homojenizasyon tamponu (1,15 potasyum klorür, 25 mM di potasyum hidrojen fosfat, 5 mM etilen diamintetra asetik asit, 2 mM fenilmetilsülfonil, 2 mM ditiyotritol, pH: 7,4) ve %1,15'lik potasyum klorür ile birlikte kullanılmıştır (Hyršl vd., 2007; Taşkın vd., 2007).

### 2.8.1. TAS/TOS

TAS (total antioksidan seviye) ölçümünde numunelerin antioksidanlarının koyu mavi/yeşil renkte ABST radikalini renksiz biçime indirgemesi olarak açıklanabilir. Numune ölçümleri ticari kitler (Rel Assay Diagnostics) kit prosedüründe yer aldığı şekilde spektrofotometrede (Biochrom Libra S22) örneklerin absorbanları 660 nm olacak şekilde ölçülmüştür (Erel, 2004; Özgün vd., 2013). Genellikle kullanılan standart formülde de belirtildiği şekilde numunelerin TAS düzeyleri (mmol Trolox Eq/L) hesaplanmıştır (Erel, 2004). TOS (total oksidan seviye) ölçümü, numunelerdeki oksidanların ferröz iyon-şelatör kompleksini ferrik iyonlara okside etmesiyle birlikte ferrik iyonların asidik ortamda kromojen madde ile renk oluşturması olarak belirtilir. TAS ölçümünde de olduğu gibi TOS'da ticari kit (Rel Assay Diagnostics) ile kit prosedürü kullanılmış spektrofotometrede numunelerin absorbanları 530 nm'de ölçülmüş olup daha önce yapılan çalışmalardaki gibi standart formülde de belirtilen şekilde TOS düzeyleri ( $\mu\text{mol H}_2\text{O}_2$  Eq/L) hesaplanmıştır (Erel, 2005; Özgün vd., 2013). Yapılan ölçümler her deney grubu için dörder kez tekrarlanarak TOS/TAS düzeyleri ile oksidatif stres indeksi (OSI) belirlenmiştir (Erel, 2005).

## 2.9. Morfolojik Analizler

Sineklerin dördüncü evreye (yumurta, larva, pup, ergin) gelinceye kadar yaşama ve gelişimi sırasında oluşabilecek morfolojik değişiklikler her besin grubu

için ayrı ayrı bakılmıştır. Her bir deneme desenine ilişkin en az 3 birey üç boyutlu mikroskopta (Olympus, C3X33) incelenmesi sağlanmıştır.

### **2.10. İstatistik**

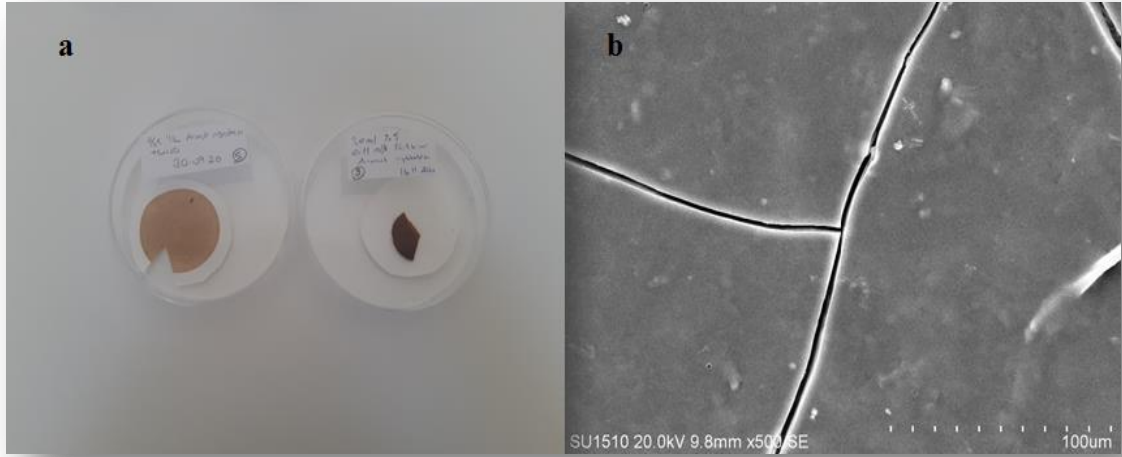
Örneklerden elde edilen verileri değerlendirmek için tek yönlü “Varyans Analizi” (ANOVA), ortalamalar arasındaki farkın önemini saptamak için “LSD Testi” (SPSS versiyon 27), yaşama oranları ve ömür uzunluğu testlerinde Ki-kare testi (Chi-square test), tat deneylerinde karşılıklı grupların kıyaslanmasında “Kruskal-Wallis testi” kullanılmıştır. Ömür uzunluğu verileri grafik ile gösterilmiştir. Ortalamaların önemi 0,05 olasılık seviyesinde değerlendirilmiştir ( $p < 0,05$ ). Yaşam gelişim, ömür ve tırmanma deneyleri ve biyokimyasal analizler 4 kez; tat ve ağırlık analizleri iki defa tekrarlanmış ortalamaları alınarak standart sapmanı hesaplanması sağlanmıştır.

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

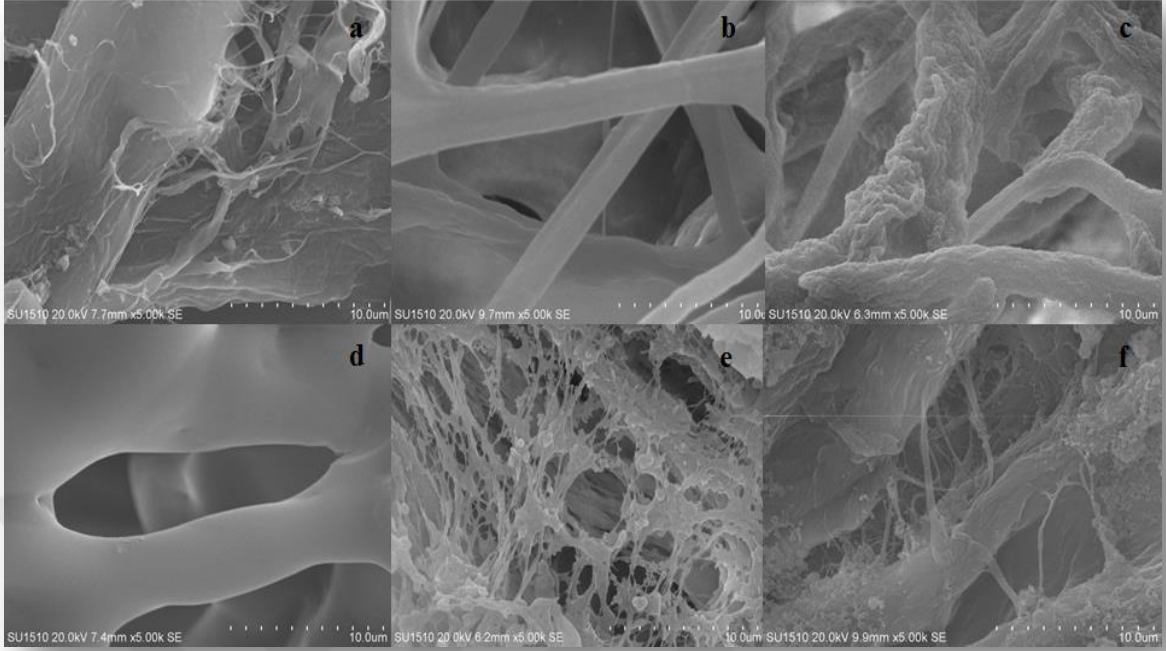
### 3. BULGULAR

#### 3.1. Nanolif üretimi

Nanolif üretimi için elektrospin yönteminden yararlanılmış olup bu üretimler sırasında bazı numunelerde belirlenen sabit oranların nişastanın granül yapısını bozduğu ya da lif yapısı oluşturmadığı görülmüştür. Bu sorunlar genellikle; etüv sonrası nişasta granül yapısının (buğday vb.) tamamen kuruması ve katı bir hal alması ile fark edilmiştir. Kötü olan bu numunelerin yeniden üretimleri yapılmış ve iyi sonuç alınanlar deneye dâhil edilmiştir. Ön deneme deseninde armut nişastasına da yer vermek istenmiş, fakat SEM analizi sonrası incelenen numunelerde lif yapısı oluşmadığı, aksine katılaşmış sert bir görüntü verdiği için deney grubuna dâhil edilmemiştir. %3-6 oranlarında nişasta 20 ml'ye tekamül edecek şekilde ayarlanan numune çözeltisi diğer nişasta çeşitlerine göre üretim sırasında şırınga pompası ayarlamalarında sorun yaşanmasına sebebiyet vermiştir (Şekil 3.1). İyi sonuç alınan numunelerin SEM görüntüleri Şekil 3.2'de verilmiştir.



**Şekil 3.1.** Deneye dâhil edilmeyen nişasta örneği; **(a)** armut nişastasının üretim sonrası görüntüsü **(b)** SEM analizi görüntüsü



**Şekil 3.2.** Elektrosinning yöntemi ile üretilen nişasta nanoliflerinin SEM görüntüleri (5.00k) verilmiştir. **(a)** Buğday nişastasası, **(b)** patates nişastasası, **(c)** mısır nişastasası, **(d)** pirinç nişastasası, **(e)** tapiyoka nişastasası, **(f)** modifiye patates nişastasası

Şekil 3.2’de yer alan SEM görüntüleri yorumlandığında; ilk görüntüde yer alan (a) buğday nişastasasında nanolif yapısının bazılarının kalın ve ince şeritler halinde görüldüğü dengesiz bir dağılım sergilediği görülmüştür. Fakat istenilen (lif) çubuksu yapılar olmasa da bir oluşum görülmesi deneye dâhil edilmesinde yeterli olmuştur. Mısır nişastasası (c) ve pirinç nişastasasının (d) görüntülerinde lif yapılarının istenilen yapılardan daha kalın olduğu ve oluşan lif yapılarının yeterli olması sonucunda deney düzeneğine dâhil edilmiştir. Tapiyoka (e) ve modifiye patates nişastasasının (f) görüntülerinde lifler diğer örneklerin aksine ağısı ve birbirine geçmiş ince şeritlerden oluşmuştur. Tüm nişastalar arasında istenilen lif yapısının ise patates nişastasasında (b) olduğu belirlenmiştir.

### 3.2. Yaşama-gelişme

Tablo 3.1’de verilen yaşama ve gelişim tablosunda yer alan verilere göre;

- SB ile hazırlanan kontrolde (tüp no: 1) sineklerin ortalama yaşam süresi yaklaşık 9-10 gün ve yaşama oranı %98 olduğu belirlenmiştir.

- Negatif kontrolde (tüp no: 2) kullanılan bileşik ekim yapılan böceklerin % 70'ini henüz birinci evredeyken öldürmüştür. Ayrıca negatif kontrolde, kontrole (tüp no: 1) kıyasla yaşayan böceklerin gelişim evrelerini (larva, pup, ergin) daha kısa sürede tamamladıkları söylenebilir.
- SB + Toz buğday nişastası (tüp no: 3) ve SB + E.S buğday nişasta lifi (tüp no: 4) ile beslenen deney grubunda sineklerin yaşam süresinin kontrol grubuna göre yaklaşık 1 gün uzadığı, üçüncü evre, pup ve ergin olma oranlarının da benzer şekilde seyrettiği görülmüştür. Buğday nişastası grubundan sadece E.S lifi + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (tüp no: 5) hazırlanan besinin (larva, pup, ergin) gelişim evrelerinde gecikmeye (13 s) neden olduğu söylenilebilir.
- H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'in bulunduğu diğer nişasta gruplarındaysa böceklerin ciddi bir direnç oluşturduğu görülmüştür. Bu sebeple böceklerin yaşam süresinde bir engel teşkil etmemiş olup sadece kontrol, toz nişasta ve E.S nişasta lifi (buğday, patates, mısır, pirinç, tapiyoka, modifiye patates) ile beslenen grupların gelişim sürelerine göre gecikmeye sebep olduğu görülmüştür.
- Toz patates nişastası (tüp no: 6) ve E.S patates nişasta lifi (tüp no: 7) ile beslenen gruplarda toz patates nişastasının tüm gelişim evrelerinde (süre) buğday nişastası ile benzer oranlarda seyrettiği, E.S nişasta lifli gruptaysa pup olma oranında %10 ergin olma oranlarında %20' lik bir düşüş olduğu görülmüştür. E.S patates nişasta lifi + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (tüp no: 8) grubun pup ve ergin olma oranlarında da %10'luk düşüş görülmüştür.
- Buğday (tüp no: 3, 4, 5) ve patates (tüp no: 6, 7, 8) nişastasının birinci tekrarında böceklerin yaşam süresinin, kontrol grubuna kıyasla iki katı kadar (10 gün) uzadığı görülmüştür.
- Toz mısır nişastası (tüp no: 9) ve E.S mısır nişasta lifi (tüp no: 10) deney grubunda toz nişastanın pup olma oranında %10, ergin olma oranında ise %20 düşüş olduğu görülmüştür. Gelişim evrelerindeki süre ise ortalama 10-11 gündür. E.S mısır nişastalı grubun tüm evrelerinde kontrol grubuna kıyasla ortalama yaşam süresi 14-15 gündür. Bu nişasta grubunun H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'li tüpündeyse (11) yaşam oranları 13-14 gün olduğu belirlenmiştir.

- Toz pirinç nişastası (tüp no: 12) ve E.S pirinç nişasta lifi (tüp no: 13) deney grubu kontrol grubuna kıyasla sineklerin ortalama yaşam süresi yaklaşık 11-12 gün ve yaşama oranı %100 olduğu belirlenmiştir. Bu nişasta grubunun  $H_2O_2$  bulunan tüpünde (tüp no: 14) yaşam oranları 15-16 gündür. Bu artış sineklerin  $H_2O_2$ 'e aşırı fazla direnç oluşturduklarını göstermektedir. Yaşam oranlarında da diğer tüplerden (%100) bir farkı yoktur.
- Toz tapiyoka nişastası (tüp no: 15) ve E.S tapiyoka nişasta lifi (tüp no: 16) ve E.S tapiyoka lifi +  $H_2O_2$  (tüp no: 17) ile hazırlanan deney grubunda sineklerin ortalama yaşam süresi 16 gün olup 15'inci tüp haricinde yaşama oranının %100 olduğu belirlenmiştir. Toz tapiyokalı tüpte pup ve ergin olma oranlarında %20 oranında düşüş olduğu görülmüştür.
- Son olarak toz modifiye patates nişastası (tüp no:18) ve E.S modifiye patates nişasta lifi (tüp no: 19) ve E.S modifiye patates lifi +  $H_2O_2$  (tüp no: 20) ile hazırlanan deney grubunda yaşam oranı %100'dür. Gelişim evrelerindeyse üçüncü evreye ulaşma süresinin kontrole göre kısaldığı pup ve ergin olma oranlarının 1-2 gün uzadığı görülmüştür.  $H_2O_2$ 'li grubun gelişim evre süreleriye buğday nişastası grubu ile benzer olup kontrol grubuna göre 1-2 gün fazladır. Yaşam oranları %100'dür.
- Tüm deney grupları göz önüne alındığında buğday (tüp no: 3, 4, 5), patates (tüp no: 6, 7, 8) ve modifiye patates nişastasının (tüp no: 18, 19, 20) yaşam süresi ve oranlarının hemen hemen benzer olduğu söylenilebilir. Mısır (tüp no: 9, 10, 11), pirinç (tüp no: 12, 13, 14) ve tapiyoka (tüp no: 15, 16, 17) nişastalarının sineklerin ortalama yaşam süresini uzattığı ve tüm nişasta gruplarının da genel anlamda yaşam-gelişim sürecinde etkili olduğu görülmüştür.

**Tablo 3.1.** Nişasta çeşitleri ile beslenen *D. melanogaster* larvalarının ön deneme sonrası yaşama süresi, gelişim ve eşey oranına etkisi

Gruplar (Tüp no)	3.evreye ulaşan larva oranı (%) (Ort* ± S.H)†	3.evreye ulaşma süresi (gün) (Ort*± S.H)†	Pup olma oranı (%) (Ort* ± S.H)†	Pup olma süresi (gün) (Ort* ± S.H)†	Ergin olma oranı (%) (Ort* ± S.H)†	Ergin olma süresi (gün) (Ort*± S.H)†	Eşey oranı (%) Dişi /Erkek (Ort*± S.H)†
1	99 ± 0,01a	3,8 ± 0,02a	99 ± 0,01a	4,9 ± 0,02b	98 ± 0,02a	9,5 ± 0,01b	65/35 ± 0,05b
2	30 ± 0,43b	3,0 ± 0,38a	30 ± 0,10d	3,7 ± 0,12a	20 ± 0,43d	4,4 ± 0,17a	50/50 ± 0,04a
3	100 ± 0,43a	3,0 ± 0,43a	100 ± 0,04a	6,0 ± 0,38d	100 ± 0,08a	11,0 ± 0,04c	50/50 ± 0,04a
4	100 ± 0,43a	3,0 ± 0,32a	100 ± 0,12a	6,0 ± 0,34d	100 ± 0,08a	11,0 ± 0,04c	50/50±0,08a
5	100 ± 0,04a	3,9 ± 0,04a	100 ± 0,08a	6,9 ± 0,08d	100 ± 0,02a	11,6 ± 0,43c	50/50±0,12a
6	100 ± 0,34a	3,0 ± 0,04a	100 ± 0,12a	6,0 ± 0,17d	100 ± 0,17a	11,0 ± 0,34c	40/60 ± 0,04ac
7	100 ± 0,17a	3,0 ± 0,25a	90 ± 0,08b	6,0 ± 0,12d	80 ± 0,12c	11,0 ± 0,25c	25/75 ± 0,17c
8	100 ± 0,21a	3,9 ± 0,21a	90 ± 0,04b	6,9 ± 0,04d	90 ± 0,08b	11,6 ± 0,21c	50/50 ± 0,04a
9	100 ± 0,25a	4,6 ± 0,17b	90 ± 0,43b	6,3 ± 0,12d	80 ± 0,08c	11,3 ± 0,12c	44/56 ± 0,21ac
10	100 ± 0,30a	4,5 ± 0,21b	100 ± 0,21a	8,2 ± 0,08e	100 ± 0,34a	14,8 ± 0,17e	50/50 ± 0,21a
11	100 ± 0,43a	3,7 ± 0,04a	100 ± 0,25a	5,9 ± 0,25c	100 ± 0,38a	14,3 ± 0,12e	50/50 ± 0,25a
12	100 ± 0,43a	4,7 ± 0,04b	100 ± 0,04a	5,2 ± 0,08c	100 ± 0,04a	12,2 ± 0,08d	50/50 ± 0,43a
13	100 ± 0,04a	4,6 ± 0,08b	100 ± 0,43a	5,8 ± 0,25c	100 ± 0,43a	12,8 ± 0,25d	50/50 ± 0,04a

<b>14</b>	100 ± 0,86a	4,2 ± 0,08b	100 ± 0,08a	6,2 ± 0,08d	100 ± 0,38a	16,1 ± 0,04f	50/50 ± 0,08a
<b>15</b>	100 ± 0,12a	4,0 ± 0,04b	80 ± 0,04c	6,0 ± 0,12d	80 ± 0,12c	16,0 ± 0,08f	38/62 ± 0,25b
<b>16</b>	100 ± 0,38a	4,0 ± 0,08b	100 ± 0,12a	6,0 ± 0,17d	100 ± 0,08a	16,0 ± 0,12f	50/50 ± 0,17a
<b>17</b>	100 ± 0,21a	4,0 ± 0,21b	100 ± 0,17a	6,0 ± 0,21d	100 ± 0,12a	16,0 ± 0,04f	60/40 ± 0,43b
<b>18</b>	100 ± 0,17a	3,0 ± 0,08a	100 ± 0,21a	5,0 ± 0,08c	100 ± 0,21a	11,0 ± 0,08c	50/50 ± 0,25a
<b>19</b>	100 ± 0,25a	3,0 ± 0,12a	100 ± 0,25a	5,0 ± 0,12c	100 ± 0,34a	11,0 ± 0,04c	40/60 ± 0,30a
<b>20</b>	100 ± 0,30a	3,6 ± 0,12a	100 ± 0,30a	5,6 ± 0,25c	100 ± 0,17a	11,4 ± 0,17c	50/50 ± 0,04ac

\*Dört tekrarın ortalaması, her bir tekrar için 100 larva kullanıldı,

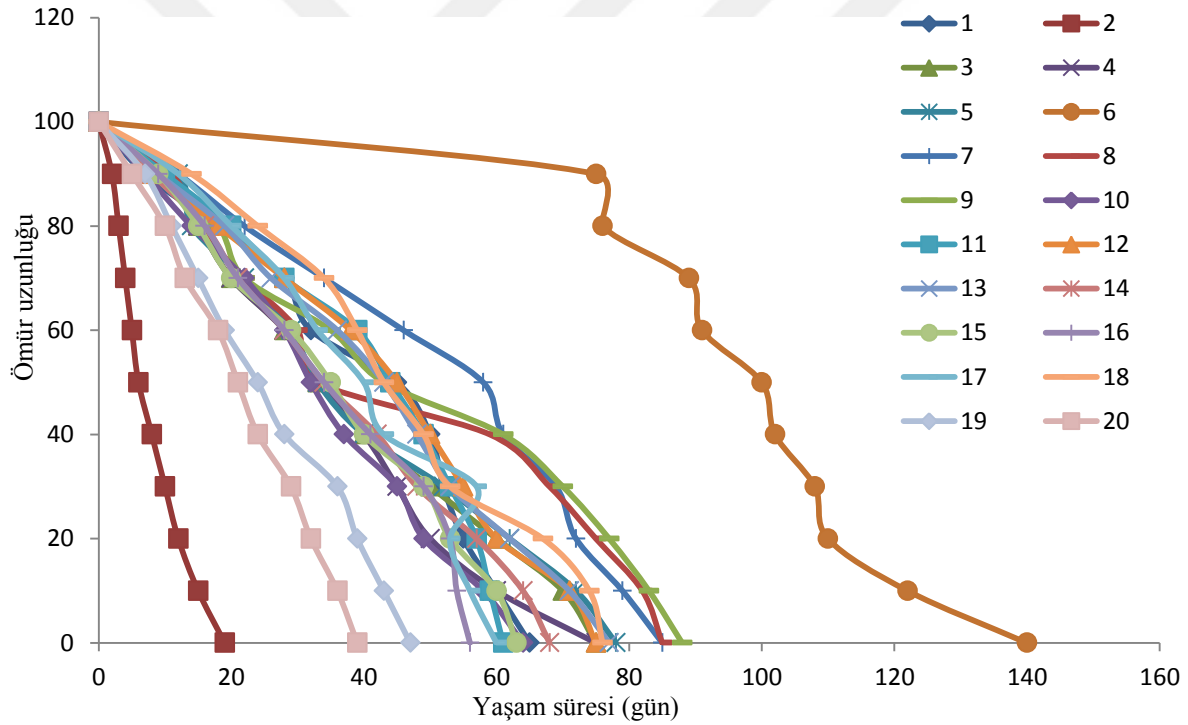
†Aynı sütunda aynı küçük harfi içeren değerler birbirinden farklı değildir,  $p < 0,05$  (Duncan testi, LSD Testi)

### 3.3. Ömür uzunluğu

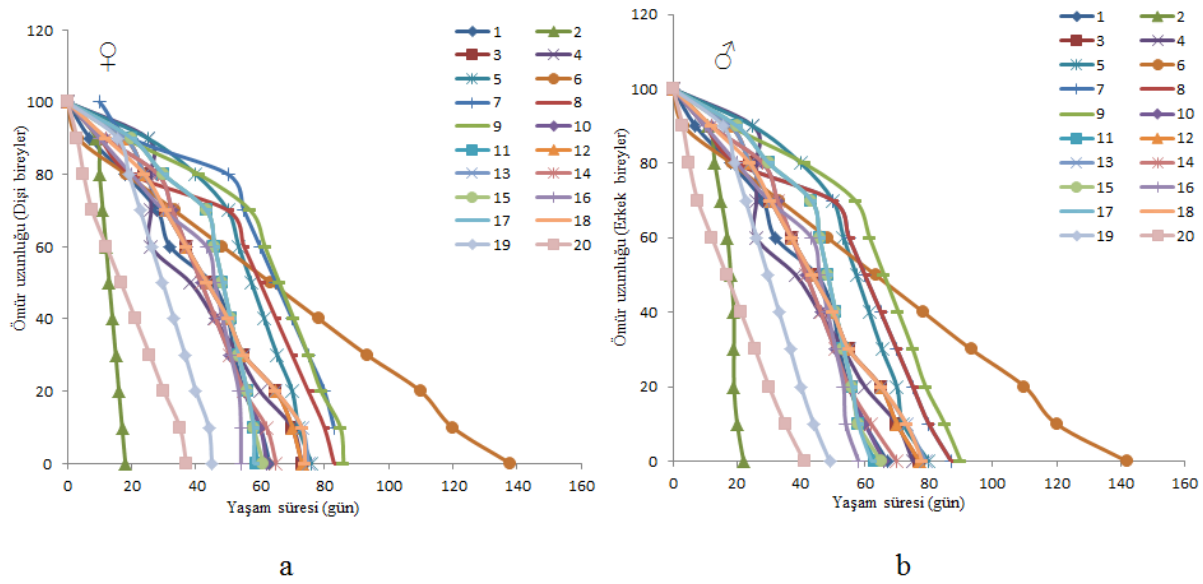
Şekil 3.3’de deneme deseninin toplam ömür uzunluğuna etki grafiği görülmektedir. Kontrol grubu (tüp no: 1) ile beslenen sineklerin yaklaşık 65 gün yaşamaya devam ettiği belirlenmiştir. Toz buğday nişastalı (tüp no: 3) besinler sinek ömür uzunluğuna olumlu bir etki göstermiş olup kontrol grubundan 10 gün daha fazla yaşam sürelerine katkı sağlamıştır. E.S nanolifi ile hazırlanan besin tüplerinde buğday nişasta nanolifinin (tüp no: 4) sineklerin ortalama yaşam süresini 75 gün uzatarak toz nişasta ile aynı etkiyi göstermiştir. E.S buğday nişasta nanolif yapısı + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> içeren grubunda (tüp no: 5) ortalama yaşam süresini 78 gün uzattığı görülmüş ve toksik ortam oluşturulmasına rağmen beklenen olumsuz etkinin tam tersi bir sonuç alınmıştır. Çünkü toksisite deney grubu (tüp no: 2) ile beslenen bireyler (dişi 18, erkekler 22 gün) ergin olduktan iki hafta sonra yaşamlarını yitirmişlerdir. Yaşam süreleri üzerinde negatif bir etki sadece 2 nolu tüpte kendini göstermiştir. Toz patates nişastalı grubun (tüp no: 6) ortalama yaşam süresinin 140 gün olduğu belirlenmiş olup tüm gruplar içerisinde en fazla yaşam süresi bu gruba aittir. Belirtilen süre kontrol grubunun iki katından fazladır. E.S patates nişasta lifi (tüp no: 7,8) ile hazırlanan grubun yaşam süresinin ortalama 85 gün olduğu belirlenmiştir.

Toz mısır nişastalı grubun (tüp no: 9) ortalama yaşam süresinin 88 gün olduğu belirlenmiş ve en fazla ikinci ömür uzunluğuna sahip sinekler bu besin içerisinde yaşam sürmüşlerdir. E.S mısır nişasta lifli besini (tüp no: 10) tüketen böceklerin yaşam süresinin ise kontrol grubu sinekleri ile benzer oranlarda yaşam sürdükleri söylenilebilir. Bu grubun en az yaşam süresi 61 gün ile H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> içeren gruba (tüp no: 11) ait olup H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>’in ömür üzerindeki etkisi görülmüştür. Toz pirinç nişastalı grubun (tüp no: 12) ortalama yaşam süresinin 75 gün olduğu belirlenmiş olup E.S pirinç nişasta lifli (tüp no: 13) besin grubunda bu oran 42 saatlik (2 gün) artış göstermiştir. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> bulunduğu tüplerde yaşam süresi bir hafta kısalmıştır. Toz tapiyoka nişastası içeren grubun (tüp no: 15) ortalama yaşam süresinin kontrol grubuna göre 2 gün daha az yaşam sürdükleri belirlenmiştir. E.S tapiyoka nişasta lifli besini (tüp no: 16) tüketenlerin yaşam süreleri (56 gün) ile H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> içeren grubun (tüp no: 17) yaşam sürelerinin (60 gün) de kontrol grubundan daha az yaşam sürdükleri belirlenmiştir. Son nişasta grubundan olan toz modifiye patates nişastalı deneyin (tüp no: 18) ortalama yaşam süresinin 76 gün olduğu belirlenmiş olup bu oran modifiye nişastalı besinler içerisinde en fazla yaşam olanağı sağlayan gruptur. Diğerlerinde: E.S modifiye patates nişasta lifli besini (tüp no: 19) tüketen böceklerin yaşam süresinin ortalama 47 gün olduğu, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> içeren grubun (tüp no: 20) 39 gün yaşam sürdükleri görülmüştür. Negatif kontrolden sonra yine H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>’in yaşam süresini azalttığı

belirlenmiştir. Tüm deney grupları genel anlamda incelendiğinde negatif stres oluşturmak amacı ile kullanılan  $H_2O_2$ 'in olumsuz etkileri (sinek ömrünü kısaltması) 2 ve 20 numaralı gruplarda göze çarpmıştır. Buğday, patates, mısır ve pirinç nişastalarının bariz bir şekilde sinek ömrünü uzattığı belirlenmiştir. Bu nişasta gruplarından toz buğday, toz mısır, toz patates, toz modifiye patates nişastası ve toz pirinç içeren deney gruplarının birbirleri içerisinde de en fazla yaşam sürelerini içerdikleri belirlenmiş olup deneylerde genellikle en son ölen sineğin erkek olduğu görülmüştür ( $p<0,05$ ). Bu da erkek sineklerin buldukları ortama daha uzun süre adapte olarak yaşam sürdüklerini göstermiştir (Şekil 3.4 b). Dişi sineklerin ise erkeklere göre daha kısa yaşam sürdükleri, her besin için ömürlerinin 2-7 gün kısaltıldığı belirlenmiştir (Şekil 3.4 a). E.S modifiye patates nişasta lifi içeren grupta her iki cinsiyet içinde yaşam süresinin kısaltıldığı belirlenmiştir ( $p<0,05$ ). Bu durum nişastanın ticari olarak üretimi sırasında iki işlemden geçirilmesinin bir sonucu olarak görülmüştür.



**Şekil 3.3.** Elektrosinning ile üretilen nişasta nanoliflerinin *Drosophila melanogaster*'in ortalama ömür uzunluğuna etkisi



**Şekil 3.4.** Elektrosinning ile üretilen nişasta nanolifleri, toz nişasta çeşitleri ve  $H_2O_2$ 'nin *Drosophila melanogaster*'in ortalama ömür uzunluğuna etkisi: (a) dişi erginler, (b) erkek erginler

**Tablo 3.2.** Dişi ve erkek bireylerde nanolif ile beslenmeye bağlı ömür uzunluğu

Gruplar (Tüp no)	Dişi bireyler			Erkek bireyler		
	N	Max. ömür	Ortalama ömür $\pm$ S.H.	N	Max. ömür	Ortalama ömür $\pm$ S.H.
1	100	65a	63 $\pm$ 1,0	100	70ab	67 $\pm$ 1,5
2*	100	19e	18 $\pm$ 0,5	100	22ec	22 $\pm$ 0,1
3	100	75ab	73 $\pm$ 1,0	100	78ab	77 $\pm$ 0,5
4'	100	75ab	73 $\pm$ 1,0	100	75ab	75 $\pm$ 0,1
5*	100	78ab	76 $\pm$ 1,0	100	80b	80 $\pm$ 0,1
6	100	140f	138 $\pm$ 1,0	100	143f	142 $\pm$ 0,5
7'	100	85b	83 $\pm$ 1,0	100	88b	87 $\pm$ 0,5
8*	100	85b	83 $\pm$ 1,0	100	87b	87 $\pm$ 0,1
9	100	88b	86 $\pm$ 1,0	100	90bf	90 $\pm$ 0,1
10'	100	64a	62 $\pm$ 1,0	100	66a	66 $\pm$ 0,1
11*	100	61a	59 $\pm$ 1,0	100	64a	63 $\pm$ 0,5
12	100	75ab	73 $\pm$ 1,0	100	77ab	77 $\pm$ 0,1
13'	100	77ab	75 $\pm$ 1,0	100	79ab	79 $\pm$ 0,1
14*	100	68a	65 $\pm$ 1,5	100	70ab	70 $\pm$ 0,1
15	100	63a	61 $\pm$ 1,0	100	65a	65 $\pm$ 0,1
16'	100	56d	54 $\pm$ 1,0	100	58d	58 $\pm$ 0,1
17*	100	60a	58 $\pm$ 1,0	100	62a	62 $\pm$ 0,1
18	100	76ab	74 $\pm$ 1,0	100	79ab	78 $\pm$ 0,5
19'	100	47c	45 $\pm$ 1,0	100	49c	49 $\pm$ 0,1
20*	100	39cd	37 $\pm$ 1,0	100	41c	41 $\pm$ 0,1

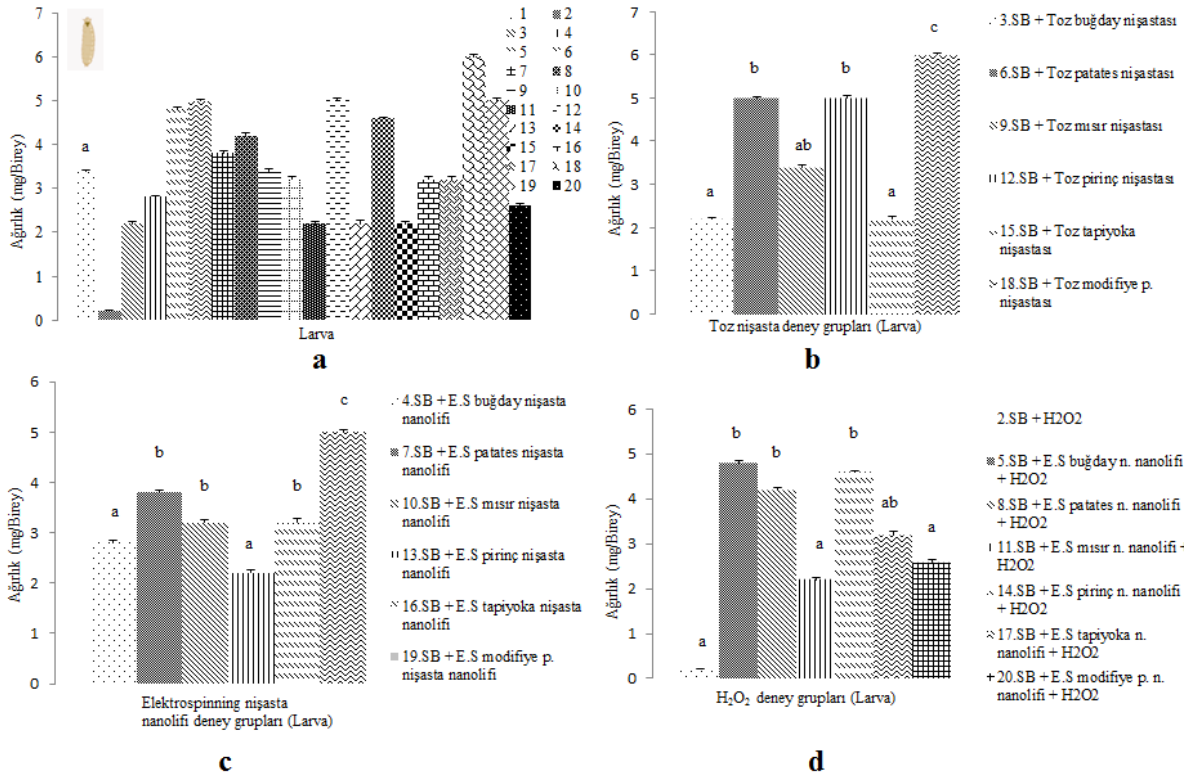
Ömür uzunluğu deneylerinde: Tablo 3.2'deki veriler değerlendirilerek dişi ömür uzunluğunda  $H_2O_2$  bulunan SB ile beslenen aynı yaş aralığındaki dişi bireyler istatistiki olarak birbirinden çok farklıdır; bu farklılık böcekler üzerinde etken stres maddesinin bir sonucudur. Bu grubun erkekleri dişilerden %18,1 daha fazla yaşam süresine sahiptir. Toz buğday (tüp no: 3), E.S buğday lifi (tüp no: 4) ve 5 numaralı  $H_2O_2$  eklenen besin grubunun ortalama dişi yaşam süreleri

birbirine yakındır.  $H_2O_2$  bulunan besin tüpü diğer buğday nişastasası grubundan %3,8 daha fazla ömrü uzatmıştır. Bu oran dişi sineklerin stres ortamına direnç oluşturduğunu göstermiştir. Fakat toz buğday nişastasası bulunan grubun erkek bireylerinde ömür uzunluğunun dişilere oranla %5,1 artış gösterdiği belirlenmiştir. Son olarak  $H_2O_2$  bulunan buğday nişasta nanolif grubu erkekleri dişilerden %5 oranında daha uzun yaşamıştır. Toz patates nişastasasının dişi verileri tüm gruplar içerisinde en uzun yaşam süresine sahiptir ( $p<0,05$ ). Bu grup E.S patates nişasta nanolif grubu (tüp no:7) ile  $H_2O_2$  takviyeli nanolif grubunun (tüp no: 8) 1,66 katı (%39,8) artış göstermiştir. Patates nişastasasının bulunduğu tüplerde yetişen erkek sineklerin yaşam süresi, toz patates nişasta grubunda % 4,5 oranla artış göstermiş olup bu oran E.S nanoliflerinde de aynıdır. Toz mısır nişastasası takviyeli SB (tüp no: 9) ile yetişen dişilerde ortalama yaşam süresi 86 gün olup E.S mısır nişasta nanolifli gruptan (tüp no: 10) %4,4 daha fazladır.  $H_2O_2$  eklenen bu nişasta grubunun ise dişi ortalamalarında kontrol grubuna göre % 6,3'lik bir düşüş belirlenmiştir. (Tablo 3.2). Toz mısır nişastasası ile beslenen erkek sineklerin ortalama süreleri dişi sineklerden %4,4 daha fazladır. Bu artış 11 numaralı E.S mısır nişasta nanolifinde (%6,3) devam etmiştir. 12 numaralı  $H_2O_2$  ilave besin erkek sineklerde yaşam süresini olumsuz etkilememiş olup dişilere göre yaşam süresini %5,1 oranında da uzatmıştır. Toz pirinç nişastasası (tüp no: 12) ile beslenen dişi sineklerin ortalama yaşam süresi toz buğday nişastasası ile eşittir. Toz pirinç nişastasası (tüp no: 12) ile beslenen erkek bireylerde ise ömür uzunluğu %5,1 artmıştır. E.S pirinç nişasta nanolifi ile beslenen dişi bireylerin yaşam süresi toz pirinç nişastasasına göre ömrü %2,6 oranında uzatmış olup bu besinin erkekleri ise dişi bireylerden %5 daha fazla yaşam sürmüştür. E.S pirinç nişasta nanolifine eklenen  $H_2O_2$  (tüp no: 14) öncelikle 12 numaralı tüpün dişi sineklerinde %10,9 oranında ömrü kısaltmış olup 13 numaralı tüpte bu oran %13,3'e çıkmıştır.  $H_2O_2$  eklenen pirinç nanolifi ile beslenen erkek bireyler dişi sineklerden %7,1 daha fazla yaşamıştır. Negatif stres oluşturmak amacı ile ortama eklenen  $H_2O_2$ 'e erkek bireyler dişi bireylerden daha fazla direnç göstermiştir. Toz tapiyoka nişastasası (tüp no:15) ile hazırlanan besinlerdeki dişi bireyler ortalama 65 gün yaşamıştır. Bu grup dişileri E.S tapiyoka nişasta nanolifi (tüp no:16) ile beslenen dişi bireylerden %11,4 daha fazla yaşam sürmüştür. Toz tapiyoka da yetişen erkek sinekler ise dişi bireylerden %6,1 fazla ömür uzunluğuna sahiptir. Toz tapiyoka da yetişen erkek sinekler kontrol grubu erkekleri ile kıyaslandığındaysa %2,9 oranında düşüğe yol açtığı belirlenmiştir. E.S tapiyoka nişasta nanolif (tüp no:17) yapısına eklenen  $H_2O_2$ 'li besindeki dişi sineklerin ortalama yaşam süresi 58 gündür ve 16 numaralı tüp ile arasındaki fark %6,8'dir. E.S tapiyoka nişasta nanolif (tüp no:17) dişileri kontrol grubu dişileri ile kıyaslandığında %7,9 oranında yaşam süreleri düşmüştür. Bu grubun erkek bireylerinde yaşam süresi dişilerden %6,4 oranında daha fazladır. Toz modifiye patates nişastasası (tüp no:18) ile beslenen dişi bireylerin ortalama yaşamları 74 gün olup kontrol grubu dişilerinden %14,8 daha fazla yaşam sürmüşlerdir. 18 numaralı bu grubun erkekleri ise dişilerden

%5,1 oranlarında daha fazla ömür uzunluğuna sahiptir. E.S modifiye patates nanolifli (tüp no:19) besinlerde dişi sinekler toz modifiye patates nişastası grubuna göre %39,1 daha az yaşamışlardır. Kontrol grubu dişileri ile arasındaki ömür uzunluğu farkı %28,5'dir. 19 numaralı besini tüketen dişiler ile erkek bireyler arasındaki yaşam farkı %8,1 olarak belirlemiştir. Son olarak 19 numaraya eklenen H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'li 20 nolu besinin dişileri ortalama 39 gün yaşam sürmüş olup bu oran tüm dişiler arasında en kısa ömür uzunluğu oranıdır ve bu grubun erkekleri dişilerden %4,8 daha uzun yaşamıştır (p<0,05). Kontrol grubu erkekleri ile kıyaslandığında bu oran %38,8 artış göstermiştir. Genel olarak yapılan incelemelerde; dişi bireylerin erkek bireylerden daha az yaşam sürerek ortama daha yavaş adapte olduklarını erkek bireylerin ise direnç oluşturarak daha uzun yaşam sürdükleri belirlenmiştir.

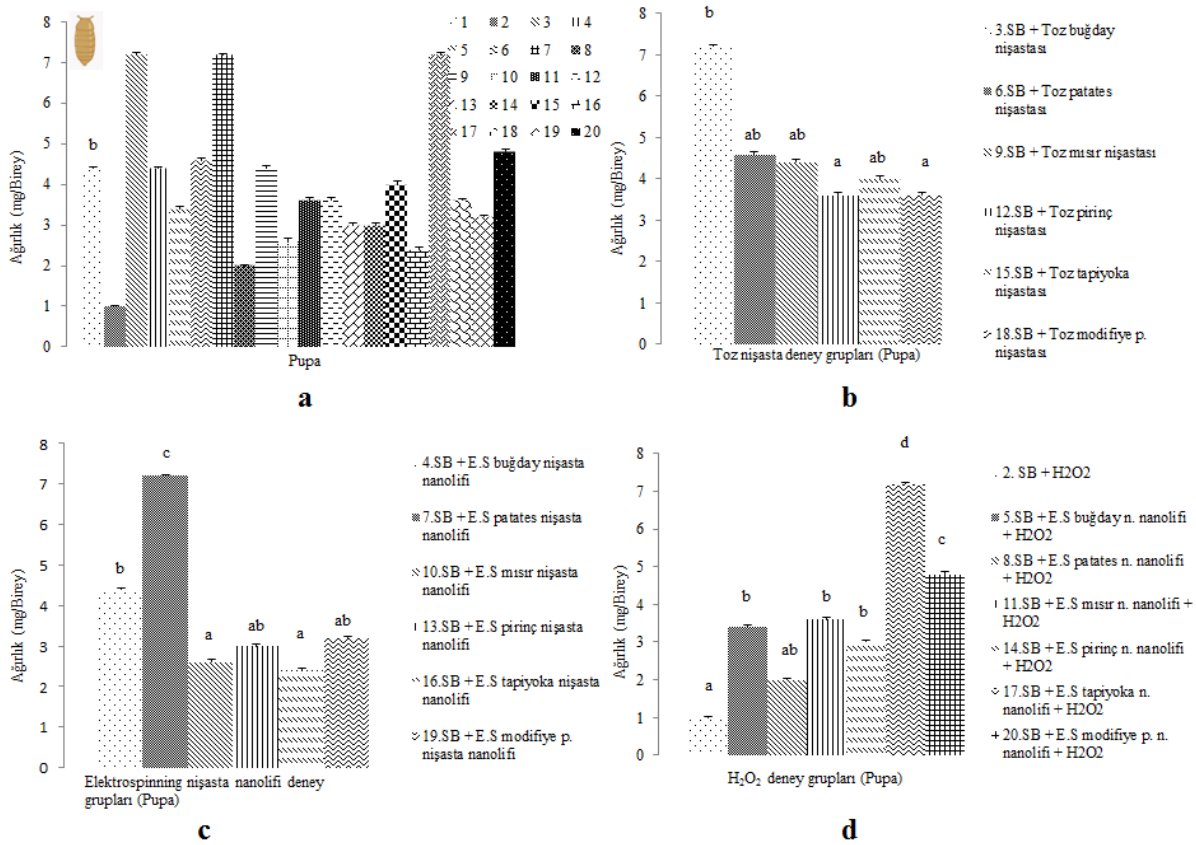
### 3.4.Ağırlık

Larval gelişim esnasında bireylerin beslenme ile ağırlık değişimleri şekil 3.5'de görülmektedir. Larval gelişim esnasında; bireylerin ağırlıkları normalden yaklaşık 2 kat fazla (3 mg, tüp no 1, a) iken toz nişasta gruplarından buğday ve tapiyoka ile beslenen bireylerde ağırlık düşerken, diğer uygulamalar ile artış görülmüş, en fazla artış modifiye patates nişastası (18 nolu tüp, c) uygulaması ile 3 mg artış belirlenmiştir (Şekil 3.5 a). E.S uygulanan gruplarda ise böceğin patates ve modifiye patates böceğin kilo almasını sağlamış, fakat pirinç nişastalı nanolif bulunan tüpteki bireylerde kilo azalmış, harici bireylerin kontrole yakın olduğu görülmektedir (Şekil 3.2 b). H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> çubuğunun besin ve canlı ile temas etmesi ağırlığı önemli miktarda düşürmektedir (Şekil 3.5 c). Fakat uygulanan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> + nanoliflerin ağırlık azalışını tersine çevirdiği belirlenmiş olup; en etkili olarak buğday, patates ve pirinç bulunan tüplerde (5, 8, 14 nolu tüpler, b) olduğu mısır ve modifiye patatesin ise en az etkili olduğu (11, 20 nolu tüpler, a) söylenebilir (p<0,05). Genel olarak patates, pirinç, modifiye patates nişastası kilo artışı desteklemiş, toksik ortama rağmen kullanılan E.S'li nanoliflerin modifiye patates gibi besin ortamına eklenmesi larvada strese bağlı ağırlık üzerinde negatif etki oluşturmamıştır.



**Şekil 3.5.** Larva ağırlık grafiği: (a) tüm deney grupları, (b) Toz ile beslenen böcek grubunun, (c) E.S ile beslenen böcek grubunun ve (d) E.S + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ile beslenen böcek grubunun larva ağırlıkları. Şekil içindeki küçük harfler birbirlerinden farklıdır; p< 0,05.

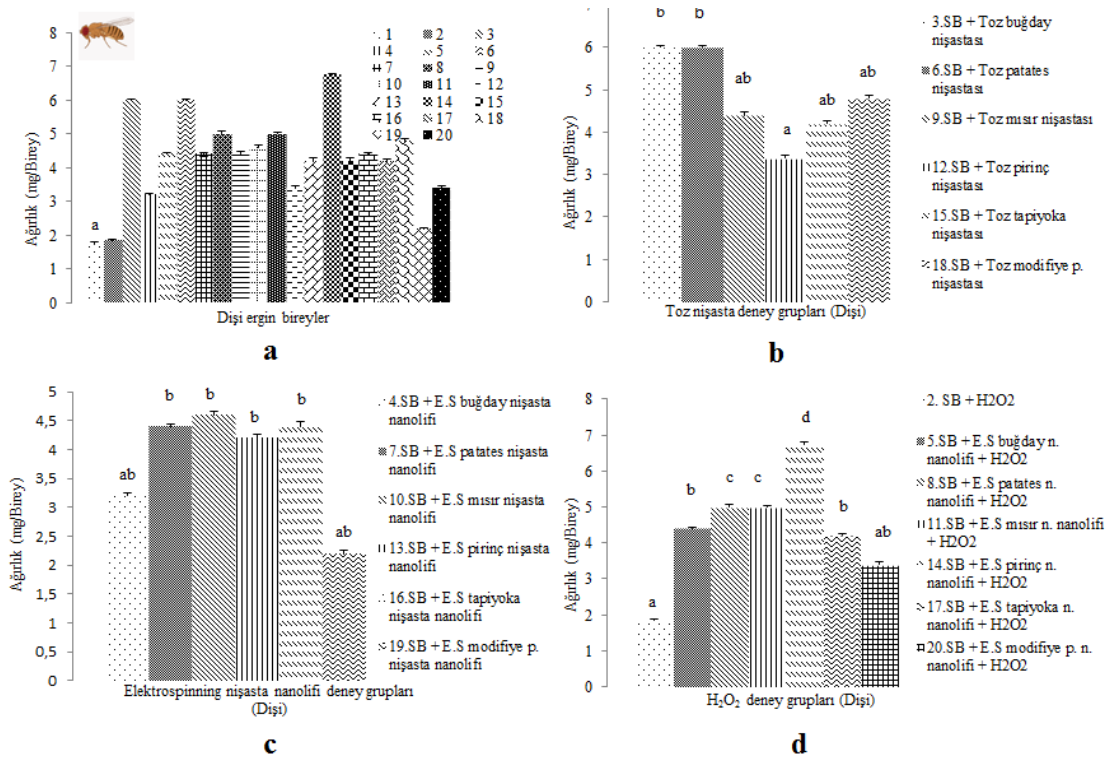
Pup aşamasında bireylerin ağırlık değişimleri şekil 3.6'da görülmektedir. Pupasyonda standart ortamlar bireyin ağırlığını yaklaşık 1 mg daha fazlalaştırarak 4 mg'a çıkarmıştır. Uygulama gruplarında toz buğday nişastası ile beslenen grup harici (3 nolu tüp, b) toz nişastaların genel olarak ağırlığı sabit tuttukları belirlenmiştir. Buğday nişastası pupunun yaklaşık 2 kat ağırlaşmasını sağlamıştır (Şekil 3.6 a). Nanolif ile üretilen nişastalardan ise patates (7 nolu tüp, c) harici genel olarak ağırlığı azalttığı, patatesin ise 3 mg ağırlık artışına sebep olmuş, buğday nişastasında ise kontrole benzer sonuçlar oluşturmuştur (Şekil 3.6 c). H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ile oluşturulan toksik ortamda genelde ağırlık kontrole kıyasla az miktarda düşük, fakat H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'e kıyasla yüksekken, tapiyoka (17 nolu tüp, d) ve modifiye (20 nolu tüp, c) ile besleme ağırlıkta 1-1,5 kat bir artışa sebep olmuştur (Şekil 3.6 d). Genel olarak toz uygulamalar pup ağırlığında etkisizken, nanolif halinde kiloyu azaltıp, toksik ortamda ise olumsuz etkiye rağmen tapiyoka ve modifiye patates nişastası gibi ürünler ile beslenme bireyin kilo alımını arttırabilmektedir.



**Şekil 3.6.** Pup ağırlık grafiği: (a) tüm deney grupları, (b) Toz ile beslenen böcek grubunun, (c) E.S ile beslenen böcek grubunun ve (d) E.S + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ile beslenen böcek grubunun pup ağırlıkları. Şekil içindeki küçük harfler birbirlerinden farklıdır; p < 0,05.

Dişi ergin bireylerin ağırlıkları şekil 3.7’de görülmektedir. Tüm besin grupları ayrı ayrı incelendiğinde; toz nişasta uygulamalarında buğday ve patates nişastası (tüp no: 3 ve 6) ile beslenen sineklerin ağırlık oranlarını diğer toz nişasta çeşitlerinden 2 mg daha fazla arttırdığı görülmüştür. Toz nişasta grubunda en az ağırlık pirinç nişastası (tüp no: 12) ile beslenen gruba aittir fakat bu oran tozlara göre düşük kabul edilir. Toz grubun her tüp ağırlığının kendi arasında 1 mg artış gösterdiği söylenilebilir. Ağırlık ortalamalarının ne düşük ne de çok yüksek olmadığı toz grubunda toksisite süresi “ab” ile gösterilmiştir (Şekil 3.7 b). E.S ile hazırlanan besinlerde sinek ağırlıklarının ortalama 4 / 4,5 mg olduğu görülmüş (tüp no: 7, 10, 13, 16) ve en düşük ağırlıktaki dişilerin E.S modifiye patates nişastası ile beslenenler olduğu belirlenmiştir. E.S nanoliflerinin dişi ağırlığında genel olarak en az etkiye sahip modifiye patatesten görülmüştür. Bu sonuçlarla nanoliflerin dişide olumsuz bir etkiye yol açmadığı sonucuna varılmıştır (Şekil 3.7 c). Son olarak H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ve E.S nanolifli besin grubunda en düşük ağırlık H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>’li tüpe aittir (tüp no: 2 a). Buğday ve tapiyoka nişasta nanolifleri dişi ağırlıklarını arttırmıştır. Bu artış patates ve mısır nişastasının (tüp no: 8 ve 11) sağladığı etkiye göre azdır. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>’in sağladığı toksik ortama rağmen dişi ağırlığında en fazla artış tapiyoka

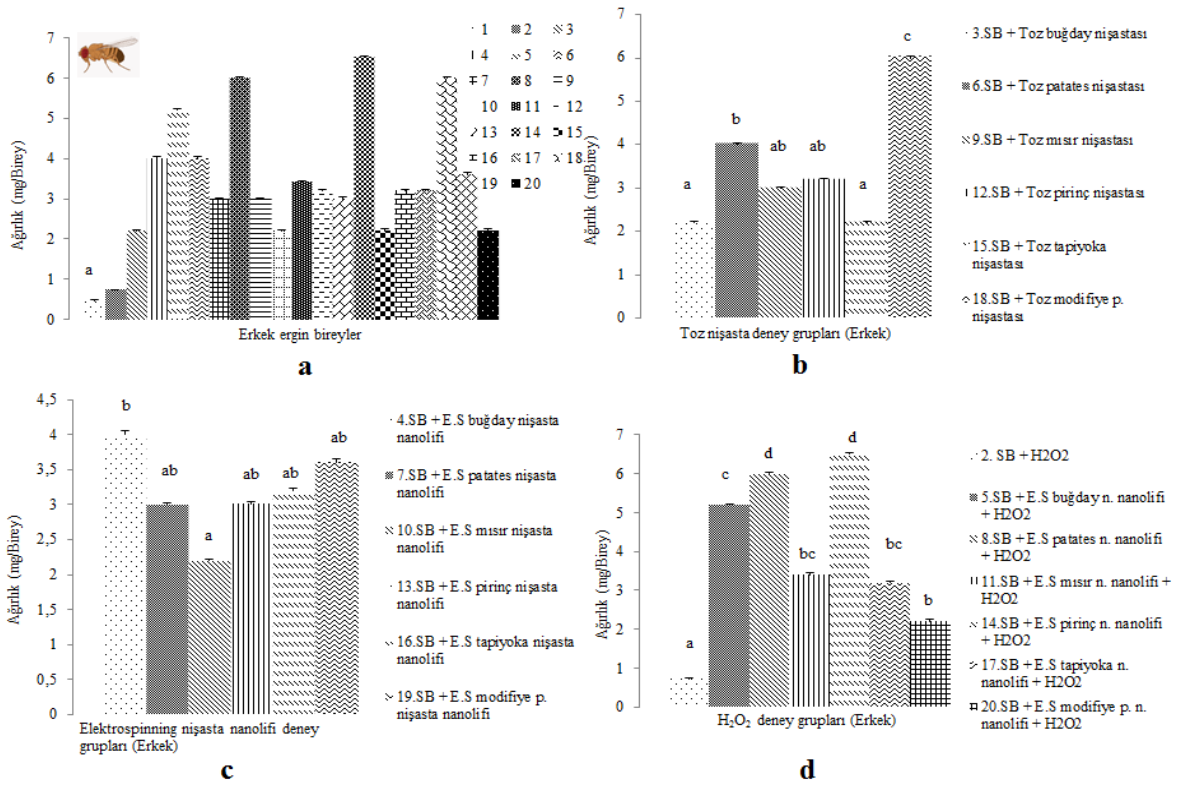
nişastalı nanolifte (tüp no: 17) görülmüştür. Bu artışın tüm gruplarda en yüksek ağırlık olduğu söylenilebilir ( $p < 0,05$ ). Negatif stres için kullanılan malzemeye belirli bir direnç oluşturulduğu ağırlık ölçümlerinde dikkat çeken noktalardan biridir. Şekil 3.7 a’da yer alan grafikte SB bulunan besini (tüp no: 1) tüketen dişilerin 1,75 mg ile en düşük ağırlığa sahip olduğu belirlenmiştir.



**Şekil 3.7.** Dişi ağırlık grafiği: (a) tüm deney grupları, (b) Toz ile beslenen böcek grubunun, (c) E.S ile beslenen böcek grubunun ve (d) E.S + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ile beslenen böcek grubunun dişi ağırlıkları. Şekil içindeki küçük harfler birbirlerinden farklıdır;  $p < 0,05$ .

Erkek sineklerin ağırlık oranları şekil 3.8’de verilmektedir. Grafik a’da yer alan kontrol grubunun ağırlık oranı (0,45 mg) normal seviyelerde seyretmiştir. Fakat kontrolün karşılaştırıldığı tüm nişasta gruplarında kilo artışı görülmüştür. Toz nişasta grubunun yer aldığı grafiğe göre; toz buğday ve tapiyoka nişastası (tüp no: 3 ve 15) ile beslenen erkek sineklerin kilo alımını diğer nişasta gruplarına göre desteklemediği görülmüştür. Mısır ve pirinç nişastalı (tüp no: 9 ve 12) erkeklerin kontrol besinine göre iki kat artış gösterdiği belirlenmiştir. Bu grubun en fazla ergin ağırlık oranı patates ve modifiye patates nişastaları (tüp no: 6 ve 18) ile beslenen bireylerde görülmüş olup; her iki grubun erkek sinek kilo artışında destekleyici iki unsur olarak dikkat çekmiştir (Şekil 3.8 b). E.S nanolifli besin

grubunda ağırlık ortalamalarının kendileri içerisinde hemen hemen aynı miktarda olduğu belirlenmiştir. Bu verilere istinaden patates, pirinç, tapiyoka ve modifiye patates nişasta nanolifleri ile beslenen bireylerin (tüp no: 7, 13, 16, 19) 3/3,5 mg civarlarında ağırlığa sahip oldukları; kilo artışı az miktarlarda destekledikleri belirlenmiştir. Bu grupta ağırlığa eki etmeyen mısır nişasta (tüp no: 10) nanolifidir. E.S buğday nişastasının (tüp no: 4) kontrol grubunun (tüp no:1) 3 katı (4 mg) ağırlık artışı ile kilo alımında en etkili besin olarak belirlenmiştir. Diğer nanoliflere oranla erkeklerden 1 mg artışa sebep olmuştur (Şekil 3.8 c). H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ile hazırlanan gruplardan en az etki ve ağırlık miktarı (0,72 mg/tüp no: 2a) H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'li besinlerle beslenen bireylere aittir. Buğday, patates ve pirinç nişastalı (tüp no:5c, 8d,14d) H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> bulunan besinlerin erkek sinek ağırlığı üzerinde olumlu etki göstererek kilo alımını desteklediği görülmüştür. Ağırlık artışında çok fazla olmasa da belirli bir destek veren mısır, tapiyoka ve modifiye patates nişasta (tüp no: 11, 17, 20) grubu kontrol grubuna göre 2 mg ağırlık artışına neden olmuştur (Şekil 3.8 d).



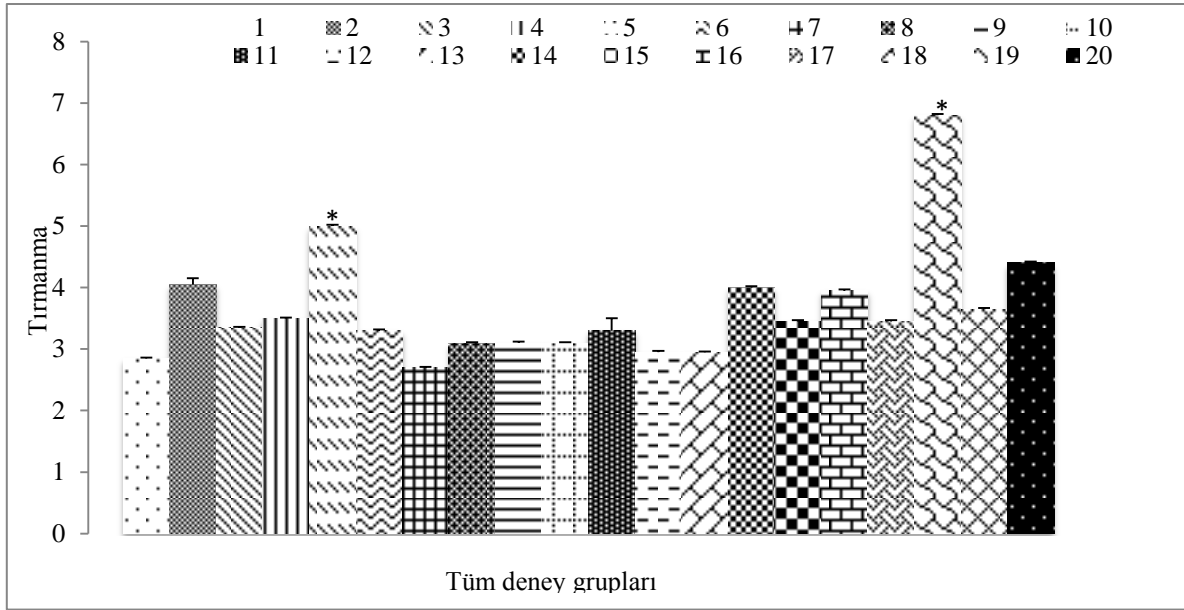
**Şekil 3.8.** Erkek ağırlık grafiği: (a) tüm deney grupları, (b) Toz ile beslenen böcek grubunun, (c) E.S ile beslenen böcek grubunun ve (d) E.S + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ile beslenen böcek grubunun erkek ağırlıkları. Şekil içindeki küçük harfler birbirlerinden farklıdır; p < 0,05.

### 3.5. Tırmanma

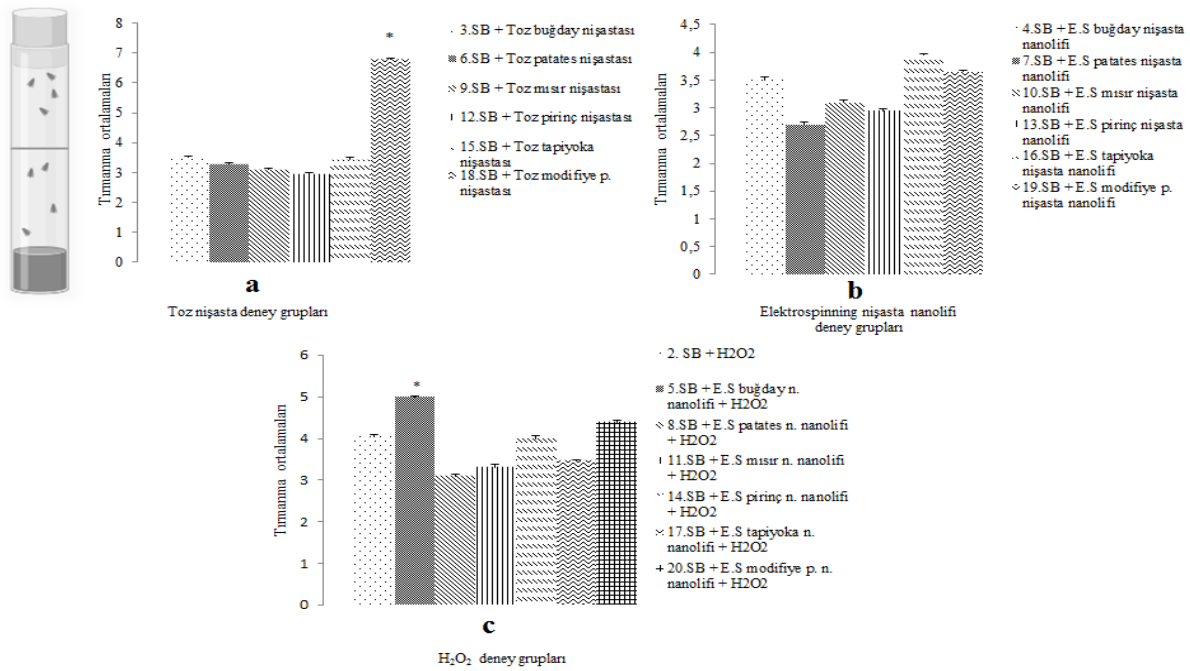
Tırmanma bulgularına göre genellikle sineklerin beslenmelerine bağlı olarak buğday (tüp no: 5) ve modifiye patates nişastası (tüp no:18) bulunan iki tüp harici diğerlerinin 2 puan aldıkları belirlenmiştir. Bahsedilen 5 ve 18 numaralı tüplerdeki beslenen bireylerin skor puanı ise 3 puan olarak grafikte görülmektedir (Şekil 3.9;  $p<0,05$ ). Grafikler ortalama tırmanma yapılan yüzeydeki sineklerin dikey hareketine bağlı olarak oluşturulmuştur. Buna göre sineklerin dikey yüzeyde hareketleri ortalama 3-4 cm arasındadır.

Toz modifiye patates nişastalı tüpdeki (18 nolu) gruptaki sineklerin deney esnasında da hareketli oldukları, 5 sn süre içerisinde de fankon tüpünün üst kısımlarına tırmadıkları belirlenmiştir (Şekil 3.9). Hem tırmanma deneyi esnasında hem de yaşama gelişim, ömür uzunluğu takibi sırasında E.S nişasta lifli (11 nolu deney tüpündeki) canlıların da diğer gruplara göre daha hareketli olduğu gözlenmiştir ( $p<0,05$ ). Modifiye patates nişastalı grubun diğer tüplerin de tırmanma esnasında hareketin olmadığı belirlenmiştir. Çünkü bu tür nişastalar jöle ve konulduğu gıdanın viskozitesini artırarak yapıyı koyulaştırmaktadır. Böylece SB üzerine konulan nanoliflerin de nemlenerek aynı etkiyi gösterebildiği bu deneylerle belirlenmiştir. Dört tekrar yapılmasına rağmen 19 ve 20 nolu tüplerde bulunan böceklerin kanatları şişeye yapışarak ve ayakları besin yüzeyinden ayrılmayarak hareket etmelerini zorlaştırmıştır.

Normal koşullarda  $H_2O_2$  sineklerin aktifliğini arttırmaktadır.  $H_2O_2$  bulunan deney gruplarında en fazla (tırmanma) ortalama hareketlilik (5 cm) 5 nolu (E.S buğday nişasta nanolifi +  $H_2O_2$ ) nişasta grubunda görülmüştür. Bu grupta yer alan diğer yüksek ortalamalar 2 (4,5 cm) ve 20 nolu (4,4 cm) tüplerdeki bireylere aittir. Genel olarak  $H_2O_2$  bulunan deney gruplarında; SB, E.S [patates (tüp no: 8), mısır (tüp no: 11), pirinç (tüp no: 14), tapiyoka (tüp no: 17) ve modifiye patates (tüp no: 20)] nişastası nanolif yapısı sineklerin buğday (tüp no: 5) grubu haricinde skor puanlarının eşit olmasını sağlamıştır. Böylece  $H_2O_2$ 'in tırmanma sırasından sineklere engel teşkil etmediği anlaşılmıştır (Şekil 3.10 c).



**Şekil 3.9.** Sineklerin beslenme ile ortaya çıkan ortalama tırmanma davranışları (\* $p < 0,05$ ; skor puanlamasına göre yapılmıştır).



**Şekil 3.10.** Tırmanma deney grupları: (a) Toz ile beslenen böcek grubu, (b) E.S ile beslenen böcek grubu ve (c) E.S + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ile beslenen böcek grubu tırmanma skorları

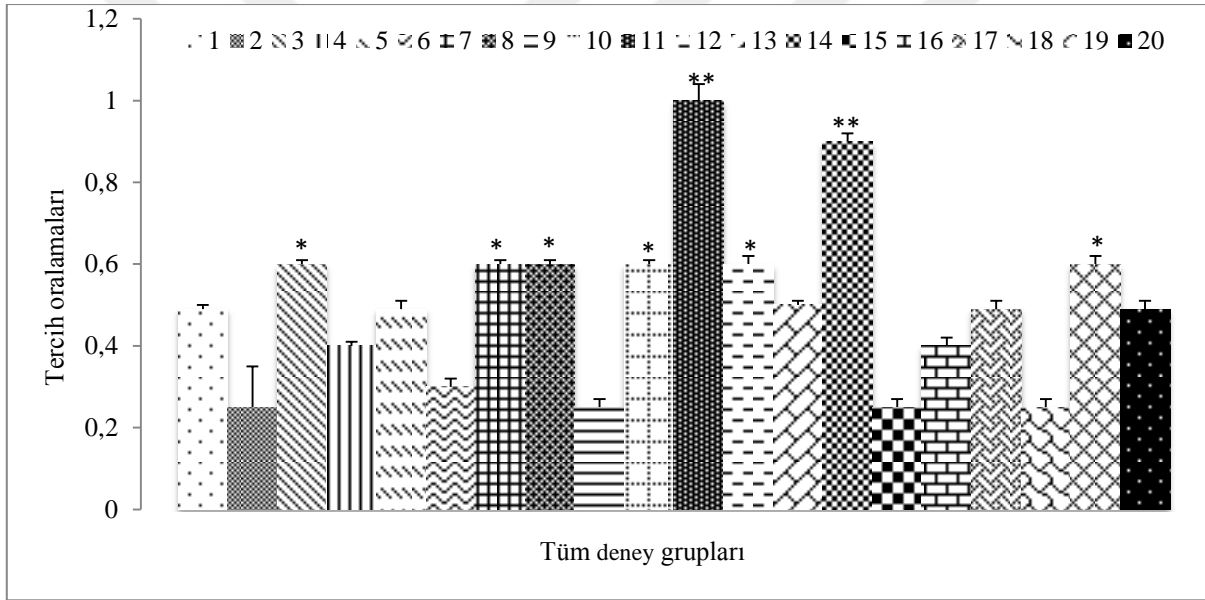
### 3.6. Tat yönelim testi

Mavi ve kırmızı gıda boylarıyla yapılan kontrol yöneliminde böceklerin eşit sayıda ve ağırlık olarak aynı ölçüde iki gıdadan beslendikleri bulunmuştur. Gıda boyasının beslenme tercihine etkisi olmadığı anlaşıldığı için aynı boyalar kullanılarak deneylere devam edilmiştir. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ile yapılan besin yönelimindeyse böceklerin renkleri ve besin ağırlıkları göz önünde

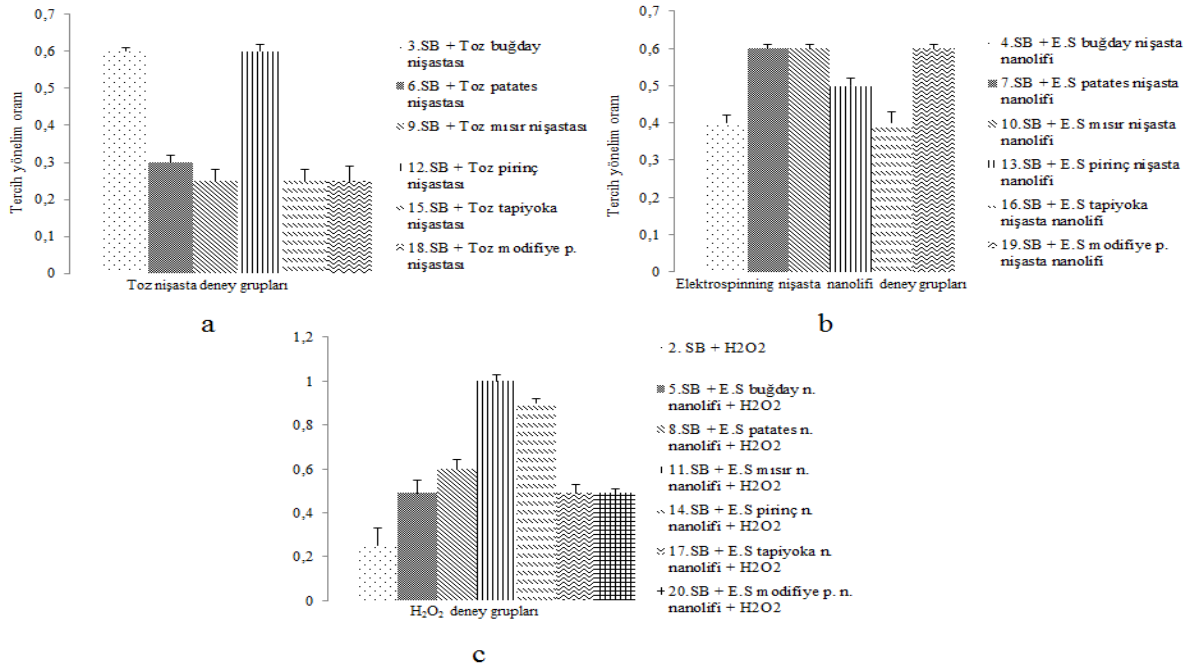
bulundurularak kontrol besinini daha çok tercih ettikleri görülmüştür. Besin gruplarından toz buğday nişastası içeren deney tüpünün kontrol besinine göre daha çok tercih edildiği gözlemlenmiştir. Böceklerin renklerinden de net bir şekilde anlaşılmıştır. Elektrospinning yöntemi ile hazırlanmış buğday nişastasının yer aldığı bir diğer besin yönelimde böceklerin hem mavi hem de kırmızı renklerde olduğu görülmüş fakat besin ağırlığına bakıldığında mavi besini (Kontrol) tercih ettikleri anlaşılmıştır. E.S buğday nişastalı deney grubunun son deney tüpünde  $H_2O_2$  bulunmakta olup böceklerin renkleri belirsizdir. Bu yüzden besin ağırlığı göz önünde bulundurularak kontrol besininin tercih edildiği anlaşılmıştır. Patates nişastası içeren deney grubunun ilk tüpü toz nişasta (bir önceki deney grubu ile oranlar aynıdır) içermektedir. Böceklerin çoğunluğunun rengi mavidir ve besin ağırlığına göre kontrol besini daha çok tercih edilmiştir. E.S patates nişastalı tüpte böcek renginden besin yönelimi anlaşılamamıştır. Fakat besin ağırlığında kırmızı gıda boyalı olan deney tüpünün daha fazla tercih edildiği sonucuna varılmıştır. Diğer E.S +  $H_2O_2$  içeren patates nişastalı tüpün tercihine bakıldığında böceklerin hem mavi hem de kırmızı renklerde olduğu görülmüş olup; besin ağırlığına göre kırmızı besini daha çok tükettikleri anlaşılmıştır. Mısır nişastalı deney grubunun yine ilk tüpünde toz nişasta bulunmaktadır. Böceklerin renkleri ise belirsizdir. Bu yüzden besin ağırlığı baz alınarak kontrol besinini daha fazla tükettikleri belirlenmiştir. E.S mısır nişastalı yönelim testindeyse bazı böceklerin vücutları hafif mavi renklidir. Fakat tüm böceklerin ağırlıklı olarak hangi renkte oldukları anlaşılamamıştır. Bu yüzden yine besin ağırlığına bakılmış olup kırmızı renkli besinin tercih edildiği bulunmuştur. Bu grubun son tüpü diğer gruplardaki gibi E.S üretimli mısır nişastası +  $H_2O_2$  içermektedir. Yönelim testinde böceklerin çoğunluğunun rengi tam olarak belli olmamakla birlikte sadece bir dişi erginin rengi kırmızıdır. Besin ağırlığından kırmızı besinin tüm gruplar içerisinde de en fazla tercih edilen besin olduğu görülmüştür.

Pirinç nişastası içeren deney grubunda toz nişastalı tüpün hem besin ağırlığı hem de böcek renginden anlaşıldığı üzere kontrol besininden daha fazla tercih edilmiştir. E.S pirinç deney tüpünde, böcek renklerine bakıldığında böceklerin eşit sayıda kırmızı ve mavi renkte oldukları görülmüştür. Fakat besin ağırlığına göre kontrol besini daha fazla tüketilmiştir. E.S pirinç nişastası +  $H_2O_2$  içeren deney tüpünün tat yönelimde böcek renklerinden tercihleri anlaşılamamış fakat bu deney tüpünün diğer deney tüplerine göre çok tercih edildiği ağırlık ölçümlerinde netleştirilmiştir. Tapiyoka nişastalı gruba gelindiğinde toz ve E.S tapiyoka içeren iki deney tüpünde de böceklerin eşit sayıda mavi ve kırmızı renkte olduğu gözlenmiş fakat kesin sonuca besin ağırlığı ile ulaşılmıştır. Besin ağırlığına göre her iki deney tüpünün

tercih edilmediği daha çok mavi renkteki kontrol besininin tüketildiği görülmüştür. E.S tapiyoka + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> içerikli deneyin de diğerlerinden bir farkı yoktur. Böcekler mavi besini tercih etmişlerdir. Son tat yönelim grubum modifiye patates nişastası içermektedir. Toz modifiye nişastalı tüpün böcek renklerine bakıldığında hem kırmızı hem mavidir. Fakat mavi besini yiyen böceklerin renkleri daha koyu anlaşılır bir koyuluktur. Besinin net bir şekilde tercihinin anlamak için besin ağırlığı kontrol edilmiştir. Kesin olarak kontrol besinine yönelim daha fazladır. E.S üretilmiş tapiyoka da ise böcek renkleri eşit sayıda hem mavi hem de kırmızıdır. Besin ağırlıkları karşılaştırılmış olup kırmızı besinin daha çok tercih edildiği görülmüştür. E.S tapiyoka ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> içerikli son besin tüpü tercih analizinde ise böcek renkleri belirsizdir. Mavi besin ağırlık kıyaslamasına göre daha çok tüketilen olmuştur. Besin tercihleri Şekil 3.11 ile 3.12' de verilmiştir.



**Şekil 3.11.** Tat yönelim testi tercih grafiğinde (3)<sup>\*</sup>, (7)<sup>\*</sup>, (8)<sup>\*</sup>, (10)<sup>\*</sup>, (12)<sup>\*</sup> ve (19)<sup>\*</sup> numaralı tüpler tercih edilen besinlerdir. Bu tüplerden (11)<sup>\*\*</sup> ve (14)<sup>\*\*</sup> aralarında en fazla tercih edilen iki farklı nişasta grubudur. İstatistiki olarak <sup>\*</sup> farklıdır <sup>\*\*</sup>dan, <sup>\*\*</sup> farklıdır <sup>\*\*\*</sup>dan (p < 0,05).



**Şekil 3.12.** Tat yönelim oranlarının verildiği grafik; **(a)** Toz nişasta, **(b)** Elektrosinning nanolifleri ve **(c)** H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ile hazırlanan deney grupları

### 3.7.Biyokimyasal analizler

Dişilerde TOS aktivitesi kontrol grubunda (tüp no:1) 4,0  $\mu\text{mol/L}$ 'e çıkarken, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> eklenen SB (tüp no:2) ile birlikte bu oran 8,0  $\mu\text{mol/L}$ 'e kadar çıkarmıştır. Toz nişasta gruplarındaki dişi bireylerin oksidasyon seviyeleri 1,2/5,5  $\mu\text{mol/L}$  arasındadır. Bu grubun en yüksek oksidatif stres oranı toz buğday nişastasına (tüp no:3) 5,5  $\mu\text{mol/L}$ 'ye aittir ve normal seviyelerdedir. E.S nişasta nanolifleri hazırlanan konsantrasyonlardan pirinç nişasta nanolif (tüp no:13) yapısının 1,2  $\mu\text{mol/L}$ 'de belirlenen oksidasyon oranı en düşük seviyededir ve bu grubun buğday nanolifli (tüp no:4) besini 3,7  $\mu\text{mol/L}$  olarak belirlenmiş olup en düşük ikinci oksidasyon seviyesine sahiptir. E.S nanoliflerinden 7 numaralı patates 14,5  $\mu\text{mol/L}$ , mısır (tüp no:10) 12,5  $\mu\text{mol/L}$ , tapiyoka (tüp no: 16) 6,2  $\mu\text{mol/L}$  ve modifiye patates nişastasası (tüp no:19) 10,0  $\mu\text{mol/L}$  oksidatif stresi hem kontrol hem de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> + SB'e göre ciddi oranlarda arttırmıştır. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> bulunan E.S nanoliflerinden 8 numaralı patates, mısır (tüp no:11), pirinç (tüp no:14) ve tapiyoka (tüp no:17) nişastalarının oksidasyon seviyeleri 1,2  $\mu\text{mol/L}$ 'dir ve bu oran kontrol grubuna göre oldukça düşüktür. Bu grubun en yüksek oksidasyon seviyeleri 15,0  $\mu\text{mol/L}$  ile buğday (tüp no:5) ve 30,0  $\mu\text{mol/L}$  ile modifiye patates nişastasına aittir. Bu oranlar çok yüksek strese neden olmuş ve son olarak belirtilen 30,0  $\mu\text{mol/L}$ 'e çıkan modifiye patates nişastasının ömrü kısalttığı yaşama ve gelişim oranlarından destekle söylenilebilir. Fakat TAS aktivitesinin dişi bireylerinde; E.S modifiye patates nişastasası + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (tüp no:20) besininin 1,9  $\mu\text{mol/L}$ 'ye düştüğü görülmüştür. Antioksidan seviyeleri (TAS) E.S buğday nişastasası + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

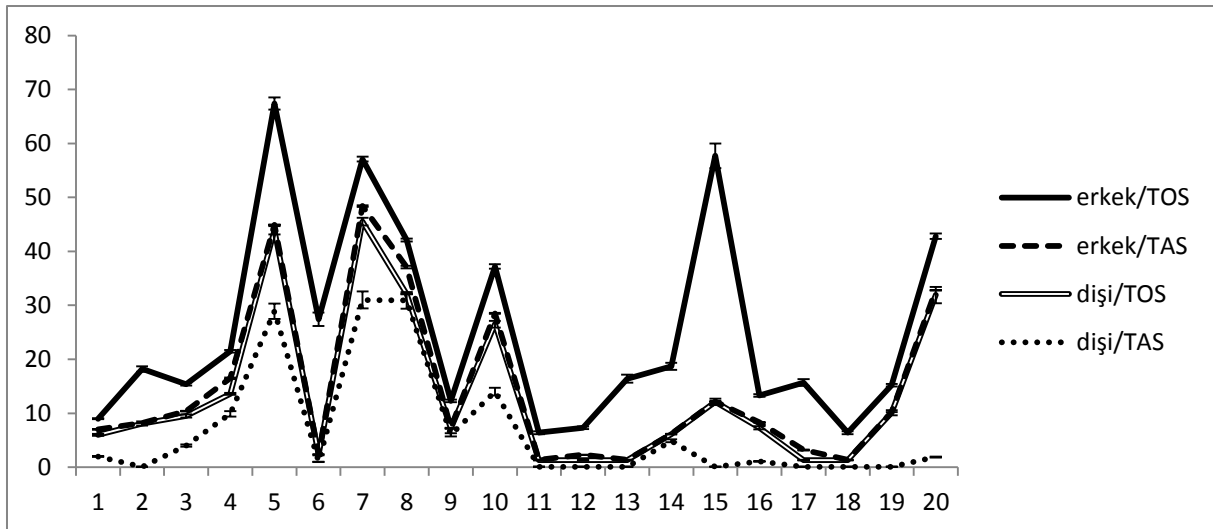
(28,9  $\mu\text{mol/L}$ ), E.S patates nişastası (31,0  $\mu\text{mol/L}$ ), E.S patates nişastası +  $\text{H}_2\text{O}_2$  (30,9  $\mu\text{mol/L}$ ) ve E.S mısır nişastası (14,0  $\mu\text{mol/L}$ ) besinlerinde oldukça yüksektir. Oksidatif stres indeksi dişi bireylerde kontrolde normal seviyede görülürken  $\text{H}_2\text{O}_2$  eklenmesi ile birlikte bu oran 80,0  $\mu\text{mol/L}$ 'e kadar çıkarak yüksek strese neden olduğu hatta ölümcül etki (çok yüksek oksidatif stres) oluşturmasının muhtemel olduğu görülmektedir. Oksidatif stres indeksinin yüksek olduğu; E.S mısır nanolifi, E.S pirinç nanolifi ve Toz pirinç nişastası (tüp no:12), E.S tapiyoka ve Toz modifiye patates (tüp no:18) nişastalı konsantrasyonlarda 12,0  $\mu\text{mol/L}$ 'e çıkmıştır. E.S modifiye patates nişastasının OSI değeri 15,8  $\mu\text{mol/L}$  olarak belirlenmiştir. Toz tapiyoka (tüp no:15) nişasta besini 120,0  $\mu\text{mol/L}$  ile en yüksek oksidatif stres indeksine sahiptir. E.S modifiye patates nişastasının ise 100,0  $\mu\text{mol/L}$  olarak belirlenen OSI değeri ikinci en yüksek değerdir (Tablo 3.3).

Erkek bireylerin TOS aktivitelerine göre her ne kadar beslenmede oksidasyon artışına neden olsa da bu artış ömür uzunluğunda erkekleri dişilerden daha az etkilemiştir. Erkek bireylerde kontrol grubunun 2,0  $\mu\text{mol/L}$ 'e düşerken,  $\text{H}_2\text{O}_2$  eklenen SB ile birlikte bu oran 10,0  $\mu\text{mol/L}$ 'e kadar çıkmıştır. Toz buğday ve E.S buğday nanolifi ile hazırlanan besinlerde 5,0  $\mu\text{mol/L}$  olarak belirlenen seviyeler normaldir. Fakat bu gruba (E.S buğday nanolifi) eklenen  $\text{H}_2\text{O}_2$  oksidasyon seviyesini 4 kat arttırarak 22,5  $\mu\text{mol/L}$ 'ye çıkarmıştır. Toz patates nişastası (tüp no:6) grubunda bu oran 25,0  $\mu\text{mol/L}$  ile daha da artmış olup kontrol grubu erkeklerinden 12,5 kat daha fazladır. E.S patates nişastası ve E.S mısır nişastası nanoliflerini içeren besinlerin total oksidan seviyeleri ise 8.7  $\mu\text{mol/L}$  ile kontrol ve buğday nişastası gruplarına göre artış göstermiştir. Oksidasyon seviyesindeki en büyük artış 45,5  $\mu\text{mol/L}$  ile toz tapiyoka grubunda belirlenmiştir. E.S pirinç nişastası, E.S pirinç nişastası +  $\text{H}_2\text{O}_2$ , E.S tapiyoka nişastası +  $\text{H}_2\text{O}_2$  ve E.S modifiye patates nişasta nanolifine eklenen  $\text{H}_2\text{O}_2$  oksidasyonu kontrol grubuna göre 5 ile 7 kat arttırmıştır. Erkeklerde belirlenen TOS seviyeleri daha yüksek olmasına rağmen olumsuz görünen bu değerler dişilerden daha dirençli olduklarının bir kanıtıdır. Erkek bireylerde total antioksidanların yeterli olmadığı için OSI değerlerinin yüksek olduğu görülmektedir. Oksidatif stres indeksi yüksek olan toz grupları; 9 numaralı mısır (50,0  $\mu\text{mol/L}$ ), toz patates (250,0  $\mu\text{mol/L}$ ), tapiyoka (455,0  $\mu\text{mol/L}$ ), ve modifiye patates nişastalı (50,0  $\mu\text{mol/L}$ ) besinleri tüketen erkeklerde stresi ciddi oranlarda arttırmıştır. Oksidatif stres indeksi yüksek olan diğer besin grupları; 2 (100,0  $\mu\text{mol/L}$ ) 11 (50,0  $\mu\text{mol/L}$ ), 13 (150,0  $\mu\text{mol/L}$ ), 14 (125,0  $\mu\text{mol/L}$ ) ve 19 numaralı tüpler (50,0  $\mu\text{mol/L}$ ) olarak belirlenmiştir. Bu gruplar stresi arttırmıştır.

**Tablo 3.3.** Dişi ve erkek bireylerde nanolif ile beslenmeye bağlı biyokimyasal değişimler; total oksidasyon (TOS) ve total antioksidan kapasite (TAS)'nin değişimi ve oksidatif stres indeksi (OSI). (\*) toksisite grubu; (') E.S grubu.

Gruplar (Tüp no)	Dişi ♀			Erkek ♂		
	TAS (mmol) (Ort*)†#	TOS (µmol) (Ort*)†#	OSI	TAS (mmol) (Ort*)†#	TOS (µmol) (Ort*)†#	OSI
1	2,0	4,0	2,0	1,0	2,0	2,0
2*	0,1	8,0	80,0**	0,1	10,0	100,0**
3	4,0	5,5	1,4	0,9	5,0	5,6
4'	9,9	3,7	0,4	2,9	5,0	1,7
5*	28,9	15,0	0,5	1,0	22,5	22,5*
6	1,0	1,3	1,3	0,1	25,0	250,0***
7'	31,0	14,5	0,5	2,9	8,7	3,0
8*	30,9	1,2	0,0	5,0	5,0	1,0
9	6,0	1,2	0,2	0,1	5,0	50,0*
10'	14,0	12,5	0,9	2,0	8,7	4,4
11*	0,1	1,2	12,0*	0,1	5,0	50,0*
12	0,1	1,2	12,0*	1,0	5,0	5,0
13'	0,1	1,2	12,0*	0,1	15,0	150,0**
14*	4,9	1,2	0,2	0,1	12,5	125,0**
15	0,1	12	120,0***	0,1	45,5	455,0***
16'	1,1	6,2	5,6	1,0	5,0	5,0
17*	0,1	1,2	12,0*	1,9	12,5	6,6
18	0,1	1,2	12,0*	0,1	5,0	50,0*
19'	0,1	10,0	100,0**	0,1	5,0	50,0*
20*	1,9	30,0	15,8*	0,9	10,0	11,1

Şekil 3.13'de görüldüğü gibi erkek bireylerin total oksidasyon seviyeleri (TOS) dişi bireylere göre daha yüksektir. Erkeklerdeki bu seviye artışı besin konsantrasyonlarında daha uzun süre kalarak yaşam sürmelerinde de (olumlu) etkili olmuştur. Erkek bireylerin total antioksidan seviyeleri oldukça düşüktür. Dişi bireylerin TOS miktarları belirli konsantrasyonlarda yükselmiş fakat çoğunlukla belirli bir oranda seyretmiş olup TAS seviyelerinin erkek bireylere göre daha aşağılarda olduğu ve son numunelerde de aynı seviyede kaldığı görülmüştür. Şekil 3.14'de TAS/TOS değişimlerinin OSI değerine etkisi şema edilmiştir.






**Şekil 3.13.** Dişi ve erkek bireylerde nanolif ile beslenmeye bağlı biyokimyasal değişimleri; total oksidasyon (TOS) ve total antioksidan kapasite (TAS)'nin değişimi

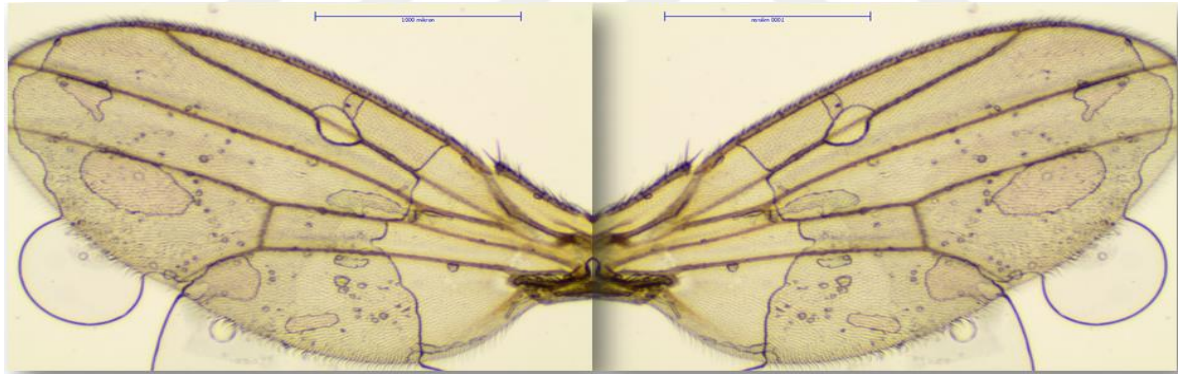
Tablo 3.3 ve şekil 3.13’de yer alan verilere göre: Buğday ve modifiye patates harici toksisite grubunda oksidasyonun az olduğu (TOS) E.S grubunda patates, mısır ve modifiye patates nişastasının kontrole kıyasla dişi bireylerin stresini arttırdığı belirlenmiştir. Antioksidan (TAS) dengede en fazla buğday ve patates ile beslenen (E.S ve toksisite grubu) dişi bireylerde artış tespit edilmiştir. Diğerlerinde fazla bir değişiklik bulunmayıp aktivite azdır. Dişi bireylerin OSI değerlerine bakıldığında  $H_2O_2$  grubu haricinde mısır (tüp no: 10), pirinç (tüp no: 12 ve 13), tapiyoka (tüp no: 15) ve modifiye patates (tüp no: 18 ve 19) beslenen bireylerin stres altında olmalarına rağmen OSI değerleri 12,0-15,8  $\mu\text{mol/L}$  arasındadır. Bu değerler kontrol ile kıyaslandığında toksik gruptan daha az etkiye sahip oldukları için stresin dengelenebileceği düşünülmektedir. Fakat toz tapiyoka (tüp no:15) ve E.S modifiye patates nişasta nanolifli (tüp no: 19) gruplarda OSI değerlerine göre stresin engellenemeyeceği düşünülmektedir.  $H_2O_2$  grubu haricinde erkek bireylerin TOS değerlerine bakıldığında toz patates ve tapiyoka nişasta grubunda oksidasyonun diğer toz gruplarına göre yüksek olduğu görülmektedir. E.S nanolif gruplarda ise patates (tüp no: 7), mısır (tüp no: 10) ve pirinç (tüp no: 13) nişastalarının oksidasyon seviyelerinin kontrol grubuna göre stres altında oldukları görülmektedir. OSI değerlerine bakıldığında patates, mısır, tapiyoka ve modifiye patates toz nişasta gruplarındaki erkeklerin  $H_2O_2$  göre yüksek stres altında oldukları görülmektedir. Bu grubun en fazla değeri dişilerde de yüksek strese yol açan toz tapiyoka (tüp no: 15) gruptur. Verilerin incelenmesi sonucunda erkek bireylerin dişilerden daha fazla stres altında olduklarını kanıtlamaktadır. Fakat dişi bireyler erkeklere göre strese daha az dayanıklıdır.

### 3.8.Morfolojik analiz

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ile beslenen grup harici sineklere ilişkin morfolojik farklılık tespit edilememiş olup, örneklemden bir gruba ait larva, pupa, dişi ve erkek fotoğrafları ile ergin bireylerden birinin kanat görseline yer verilmiştir (Şekil 3.14 ve 3,15).

Gruplar	Üçüncü evre larva	Pupa	Dişi♀	Erkek♂
1. Kontrol				

Şekil 3.14. SB ile oluşturulan kontrol grubu beslenmesinin böceğin gelişim evreleri üzerindeki morfolojik etki (1000 mikron) gelişim evre görseli



Şekil 3.15. Kontrol grubu kanat görüntüsü (1000 mikron)

## DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

### 4.TARTIŞMA

Katı atık maddesi olarak değerlendirilen gıda atıkları, günümüzde tüm dünyayı etkileyen sorunların başında gelmektedir (Creedon vd., 2010; Graham-Rowe vd., 2014). Gıda atıkları çevresel, sosyal ve ekonomik sürdürülebilirliği direkt olarak tehdit etmekte ve bu sebeple son zamanlarda tüm dünyada ön plana çıkmaktadır (Marra, 2013). Bu yüzden sürdürülebilir bir atık mekanizmasına ihtiyaç duyulmaktadır (Yaman, 2012). Son zamanlarda araştırmacılar çevreye zararlı etkisi olmayan, doğaya uyumlu biyobozunur nanokompozit (polimer) yapılarını sentezleyerek imalatına yönelmişlerdir. Özellikle atık oluşumunun engellenmesi amacıyla birçok üründe biyopolimer kullanılarak yeşil üretim gibi sürdürülebilirliğin sağlanması hedeflenmektedir. Çünkü ambalajlarda kullanılan plastik petrol türevi ürünler hem gıda maddesine geçiş yaparak insan sağlığına (Güneş vd., 2017; Acar ve Keskin, 2021), hem de doğaya atıldığı zaman diğer canlılar üzerinde zararlı etkiye neden olmaktadır (Güneş ve Erçetin, 2020). Peki bu etki nasıl daha aza indirilebilir? Örneğin çalışmadaki amaç ile nanokompozitler ya da yenilebilir film kaplamalar sayesinde toksik etkinin azaltılabileceği düşüncesi temel alınarak, biyopolimer olarak en çok tüketilen nişasta molekülünün kullanımı tasarlanmıştır. Çünkü biyopolimer olarak seçilen nişastanın hem ucuz, hem de doğada fazla miktarda bulunabilen biyobozunur özelliğe sahip olması tercihinde önemli nedendir (Usman vd., 2016; Torğut ve Gürler, 2021). Yapılan birçok çalışmada nişasta yapısından yenilebilir film üretmek için yararlanılmış; bu filmler sayesinde alışlagelmiş plastik çeşitlerinin yerine gelebilecek (doğal ortamı koruma) alternatif seçeneklerden birisi olabileceği ifade edilmiştir. Çeşitli karbonhidrat içerikli bitkilerden elde edilen (mısır, patates, buğday ve pirinç gibi) yenilebilir filmlerin kullanımı gıda sektöründe oldukça yaygın olduğu bilinen bir gerçektir (Vieira vd., 2011; Thakur vd., 2019; Wang vd., 2021). Aslında karbonhidrat kaynakları beslenme açısından insanoğlunun temel enerji kaynağıdır ve günlük alınması gereken enerji miktarının %50'sini karşılamaktadır. İnsanlarda karbonhidrat alım miktarı yaşa, cinsiyete, fiziksel aktivite gibi birçok faktöre göre değişkenlik göstermekte; ve alınan enerji özellikle nişasta, sükröz ve laktozdan sağlanmaktadır (ESFA, 2010; Leturque vd., 2012; Niinikoski ve Ruottinen, 2012). Nişasta çeşitlerinin besinsel değeri yapıları gereği bünyelerinde bulunan amilopektin/amiloz oranı, amilopektinin dağılımı ve granül boyutu gibi unsurlara bağlı olarak çeşitlenmektedir (Bello-Perez vd., 2020). Bu boyutlar da nanokompozit üretimi için özellikle patates nişastasının en uygun olduğu (istenilen lif yapısının patates

nişastasında olmuş olması), armut nişastasının ise uygun olmadığı çalışmada belirlenmiştir (Şekil 2.3, b ve 3.1, b).

İnsanlar ve çevre için çıkarımlar yapılmasında sindirim, hastalık ya da toksisite modeli olan çalışmada da kullanılan model organizma *D. melanogaster*'de üretilen nanomateryallere ek, besine toz ve stres modeli oluşturularak yaşlanma, yaşama oranı, gelişim süresi bakılmıştır. Genellikle bu canlıda gelişim farklılıkları bir ya da birkaç nesilde kolaylıkla incelenebilmesi ile tıp alanı dâhil geniş kitlelerce benimsenmiştir (Piper ve Partridge, 2018; Altıparmak, 2021). Beslenme çalışmalarında yaşama-gelişim sürecinde yüksek karbonhidrat içerikli besine dişi bireyler bırakıldığında, en fazla yumurta bırakmayı (1:4 ve 1:8, PC) makro besin bulunan yere yaparak larval gelişim sürelerini maximuma çıkarmakta ve en uzun hayatta kalma sağlanmaktadır. Böylece karbonhidrat seviyesinin (1:2, PC) böceğin gelişim süreleri üzerinde etkili olduğu ifade edilmektedir (Rodrigues vd., 2015). Yaşama-gelişim göz önünde bulundurulduğunda stres grubu (negatif kontrol, tüp no: 2) hariç genel olarak tüm grupların yapılan çalışmaya benzer (Güneş ve Danacıoğlu, 2018) olduğu, gelişim süresinin maximum bir hafta uzattığı belirlenmiştir (Tablo 3.1). Gelişim süremiz boyunca çevresel etkenler, hormonlu besinler ve çevre kirliliği gibi birçok stres faktörü yaşamımızı etkilemektedir. Stres grubumuzda nanolif uygulaması gelişim sürelerini uzatmış ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'in zararını azaltmada etkili olmuştur. En iyi sonuç pirinç nanolifli (tüp no: 14) stres grubunda görülmüştür.

Son yıllarda sağlıklı yaşam süresini uzatmak için yaşlanmanın biyolojik süreçlerine müdahale edilmesi ilgi çekici yaklaşımlardandır (Zealley ve Grey, 2013). Alternatif bir yaklaşım olarak yaşlı bireylerde birçok hastalığın tedavi edilmesi, gençlerde ise popüler stres kaynakları azaltılarak yaşlanmanın geciktirilmesi sağlanabileceği düşünülmektedir (Olshansky vd., 2007; Tinetti vd., 2012). Buna bağlı olarak yapılan çalışmalarda kalori kısıtlaması ve yüksek karbonhidrat alımının *Drosophila*'da ömür uzunluğunu arttırdığı belirtilmiştir (Lee vd., 2008; Bruce vd., 2013; Simpson vd., 2017). Bu düşünceye zıt aynı bireylerde karbonhidrat alımı fazlaştırılarak obez bireyler elde edilmiş, (Rodrigues vd., 2015; Abrat vd., 2018) çalışmamızda olduğu gibi yaşama oranı artarken gelişim süresi uzamış, genel olarak ömür kısalmamıştır. Nanolif kullanımında da ömür artarken, modifiye grup ve toksisite grubu ile beslenenlerde ömür kısalmıştır. Karbonhidrat içerikli besin olarak çimlenen buğday tanelerinin sineklerin ömrünü uzattığı ve hücresel stresi azalttığı rapor edilmiştir (Pant vd., 2013). Elektrospinning yöntemi ile hazırlanan buğday nişasta nanolifinin (tüp no: 4) sineklerin ortalama yaşam süresini kontrol grubuna göre %13,3 gün uzattığı

belirlenmiştir (Şekil 3.4). Deney grupları arasında ömrü en fazla uzatan ise toz patates (tüp no: 6) nişastasıdır. Siyah pirinç, mor tatlı patates ve mor mısır gibi nişasta bazlı gıdalar *D. melanogaster* gibi çeşitli hayvan modellerinde yaşlanma etkilerini düzenlemekte ve yaşam süresini uzatmaktadır (Zuo vd., 2012; Wang vd., 2016; Bhaswant vd., 2017; Li vd., 2019; Han vd., 2021). Bu çalışmalardan destekle verilerimiz uyumluluk göstererek canlı yaşamının beslenmeye bağlı uzayabildiği, toksisitenin bir miktar azaltılabileceği belirlenmiştir.

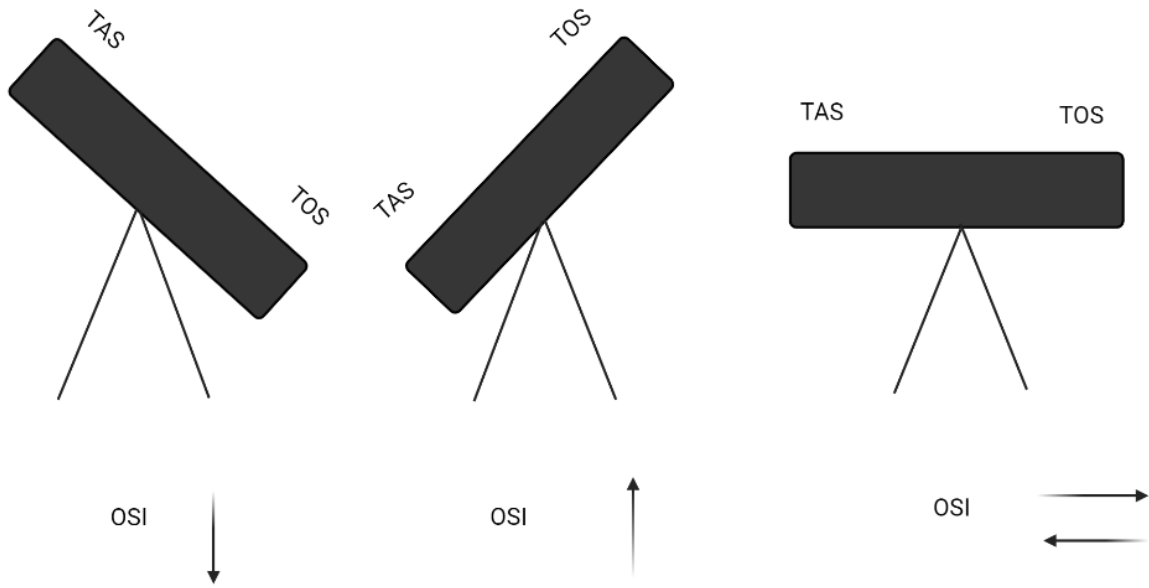
*D. melanogaster* ile yapılan ağırlık çalışmalarında besin alımına bağlı vücut yağ oranı değişmekte, yüksek karbonhidrat alımı larval boyut arttırmaktadır (Rodrigues vd., 2015; Reis, 2016). Bu durum obezite kavramı ile ilişkilendirebilir. Obezite, dünya genelinde sağlığı olumsuz etkileyen önemli risk faktörleri arasında yer almaktadır (Göney, 2020). Obezitenin yol açtığı olumsuzlukların ise oksidatif stres ile alakalı olduğu (Leung vd., 2015; Beackman ve Creager, 2016; Scherer ve Hill, 2016) yapılan çalışmalarda bildirilmekte; oksidatif stres, antioksidan ve pro-oksidanların orantısızlığı şeklinde tanımlanmaktadır (Agarwal vd., 2012). Yapılan çalışmada patates, pirinç, modifiye patates nişastasını kilo artışını desteklemiş; toksik ortama rağmen kullanılan E.S'li modifiye patates nanolifinin (tüp no: 20) besin ortamına eklenmesi yaşama-gelişimde de görüldüğü gibi strese bağlı ağırlık üzerinde negatif etki oluşturmamıştır (Tablo 3.1 ve Şekil 3.5 d). Bu sonuçlar bize patates nişastasını modifiye edilmesine rağmen olumlu etkiye sahip olabileceğini düşünmemizi sağlamıştır.

Tırmanma böceklerde hareket fizyolojisinin göstergesi olarak ifade edilmekte, hareket hızında görülen değişim beslenmeye, yaşa, hastalığa, ortamda bulunan kirletici/toksik maddeye bağlı olarak hızın fazlalaşması ya da yavaşlaması şeklinde görülebilir (İpek, 2020). Bu nedenlerle nörodejeneratif hastalık modeli olarak kullanılan sinekler Parkinson hastalığı gibi hareket belirleme çalışmalarında yararlanılmaktadır (Hazır vd., 2020). Sineklerde de omurgalı canlılardaki gibi aynı mekanizmaya bağlı olarak beslenmede dopamin eksikliğinin neden olduğu bu rahatsızlık; titreme, hareket yavaşlığı (yürüme, yazma, konuşma, yutkunma), hafıza yavaşlığı ve kas sertliğine neden olmaktadır (Esmer vd., 2020; Mermer ve Yıldırım, 2020). Yapılan çalışmalarda nişasta bazlı gıdaların (arap zıkkı ve modifiye nişasta gibi) yutkunma problemi yaşayan Parkinson hastalarına tedavi edici besin kaynağı olabileceği bildirilmektedir (Ortega vd., 2020). Parkin mutanti sineklerle yapılan bir çalışmada, sinekler protein ve yüksek karbonhidrat içerikli besinlere alınarak tırmanma kabiliyetleri ölçülmüş; yüksek karbonhidrat içeren besiyerdeki sineklerin tırmanma eksikliğini geciktirdiğini, mitokondriyal özellikleri iyileştirerek açlığa karşı dayanıklılıklarını arttırdığını bildirmiştir. Fakat protein içerikli besinlere (1:2, PC) stearik asit [ $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$ ] eklenmesi sonucu

tırmanma davranışı yüksek karbonhidratlı besine (1:6, PC) göre daha fazla gelişmiştir (Bajrachanya ve Ballard, 2018). Yağ asitleri eklenerek yenilebilir film materyali olarak kullanılan pirinç, mısır, patates, gibi nişastalardan yenilebilir film özelliği en iyi pirinç, en iyi kompleks oluşturucu olanın ise tapiyoka nişastasası olduğu bilinmektedir (Arijaje ve Wang, 2016; Thakur vd., 2016; Reddy vd., 2019). Nanokompozitlerde yağ ve nişasta uygulamaları kompozitin boyutunu artırırken depolama süresini azaltmıştır (Shin vd., 2020). Genel olarak nişasta türevlerinde düşük miktarda yağ asidi olduğu bilinmekte (0,1-0,14 g/100 gr), yağ oranı en fazla olan ise buğday nişastasındadır (URL 1-3). Bu çalışmaya ek olarak M' Angale ve Staveley (2017)'in çalışmalarında Parkinson hastalığının model organizma *D. melanogaster*'de tırmanma hareketini geciktirdiğini belirtmişlerdir. Çalışmamızda yer alan EDN niteliğinin %5 oranla modifiye nişasta, pişmiş mısır, patates ve pirinç nişastalarında artış gösterdiği uygulanan sıcaklık ile yağ asitlerinin olumlu etkilenerek diyabet mide ve kolon kanserine karşı koruyucu etkisinin oluşabileceği (Nugent, 2005; Sajilata vd., 2006; Lunn ve Buttriss, 2007; Trasande vd., 2009) söylenilebilir. Böylece tırmanma verilerine göre toz modifiye patates nişastasası (tüp no: 18) ile H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> içerikli E.S buğday nanolifi içeren (tüp no: 5) gruplarda sineklerin 5 saniyelik süre içerisinde en iyi tırmanma davranışını sergilemeleri EDN ve yağ miktarından olabileceğini düşünmemizi sağlamıştır (Şekil 3.10 ve 3.11). Çünkü harekette görülen değişim nedenleri hızlanma ya da yavaşlama davranışı ile ortaya koyulmaktadır. Örneğin agresifleşme (uykusuzluk-sirkadiyen ritim, besini sevmeme, reket, tat-koku isteksizliği, toksik maddeden kaçış, ağır metal kokusu) ve aktiflik (anneden gelen direnç ya da üreme potansiyeli için canlılığın fazlalaşması, yaşama-gelişim üzerinde olumlu etki) böceği hızlandırabildiği gibi; dinginlik (besini severek beslenme) ve hareket azlığı (obezite, hastalıklar, yaşlanma, toksik maddenin zararlı etkisi) gibi hem olumlu hem de olumsuz etkiler (Zamberlan vd., 2020) hareket ile anlaşılabilir. Olumlu ya da olumsuz etkinin anlaşılmasında tırmanmaya ek parametreler ile karşılaştırılmalar yapılması gerekmektedir.

Beslenme çalışmalarında tat duyusunun (duyusal analiz) *D. melanogaster*'de insanlara benzer olduğu bilinmekte (Faucher vd., 2013; Lewis, 2015; Vogt vd., 2021); besin tercihi hareketi, yumurta bırakma, ağırlık, gelişimin düzenlenmesi hatta sosyal ilişki gibi birçok davranışı etkileyebilmektedir (Hu vd., 2020). Bu özellikleri sayesinde böcek yararlı gıdaları algılayarak toksik maddelerden kaçınmaktadırlar (Stocker, 1994; Singh, 1997; Wang vd., 2004).Yapılan bir çalışmada yüksek sükröz diyeti uygulanan sineklerin algıladıkları tatlı tat ile gıdalardaki karbonhidrat içeriğinin ve gıdanın besin değerinin belirlenmesinde ilk kriter

olduğu bildirilmektedir (Wang vd., 2020). Şeker açısından zengin diyetlerin ise açlık toleransını iyileştirdiği belirtilmektedir (Henry vd., 2020). Çalışmada E.S mısır ve pirinç nişasta nanolifli, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> takviyeli gruplarda besin tercihi maximum düzeydedir (Şekil 3.11). Bu gruplar dişi ve erkek bireylerin yaşama-gelişim, ömür uzunluğu, ağırlık ve tırmanma aktivitelerinde de olumsuz bir sonuca yol açmamış olup stres kaynağı olarak kullanılan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'in her iki grupta da etkisinin az olması pirinç ve mısır nişastasının YSN olmasından kaynaklı olabileceği (Golay vd., 1992; Zhang vd., 2011) yapılan önceki çalışmalara itafen düşünülmektedir. Çalışmamızda sineklerin oksidasyon ve antioksidan seviyeleri H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> kullanımı ile doğru orantılı olarak artmış bu artışlar şekil 4.1'de şema edilmiştir.



**Şekil 4.1.** Total oksidasyon (TOS) ve total antioksidan kapasite (TAS)'nin değişiminin oksidatif stres indeksi (OSI) üzerindeki etki görseli

## SONUÇ

Çalışmanın temeli nişasta bazlı nanolifin canlı ortamı ile etkileşerek kullanılabilirliğinin (besin ya da atık değerlendirilmesi) belirlenmesi olmuştur. Bu yapıların oluşturulması doğaya en az düzeyde zarar verecek “inovatif ürün” geliştirmenin önemine dikkat çekmektedir. Çünkü nişasta bazlı gıdaların içeriğindeki karbonhidratın doğaya salınımı bazı olumsuz sonuçlar doğurmaktadır. Böylece üretilen maddelerin doğaya atılmadan önce etki mekanizması çalışma ile belirlenmiştir. Buna bağlı olarak geliştirilen yenilebilir ambalaj yerine film üretimi; doğaya ve ekosistemde bulunan canlılara minimum zarar verecek, hem insan tüketimine ya da ambalaj ürünü olarak kullanılabilir, hem de atık madde miktarı azaltılabilecek ve böylece ürünler için nişasta kaynaklarının değerlendirilmesi sağlanacaktır.

Sonuç olarak:

- En iyi nanolif yapısı patates nişastasında,
- Yaşama gelişimde H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> harici olumsuz etki belirlenmemiş,
- Kilo değişkeni açısından; stres etkeni (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) bulunmasına rağmen erkeklerde en fazla kilo artışlarının E.S’li gruplarda, dişilerin ise toz nişasta gruplarında olduğu,
- Tırmanma parametrelerine göre en iyi skorların E.S’li buğday ve toz modifiye nişastada sergilendiği,
- Stres etmeninin erkek-dişi bireylerde, en çok erkekler üzerinde strese yol açtığı fakat dişilerden daha fazla direnç oluşturdukları görülmüş ve ömür uzunluğu üzerinde direncin olumlu etki bıraktığı,
- Tat yönelim analizlerinde; en iyi sonucun toz grubunda buğday ve patates nişastasında, E.S’li gruplarda patates, mısır, pirinç ve tapiyoka nişastasında ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> içeren E.S’li gruplarda mısır ve pirinç nişastalarında olduğu ve nişasta nanoliflerinin dişi ve erkek bireyler üzerinde morfolojik bir etkiye yol açmadığı belirlenmiştir.

Çalışmadan yola çıkarak mısır, patates, buğday, pirinç, tapiyoka ve modifiye nişasta çeşitlerinden elde edilen liflerin kullanımı genellikle böceğin yaşama-gelişim, ömür ve biyokimyasal parametrelerinde bir miktar değişime sebep olsada; özellikle toksisite grubunda lifli ortamın olumsuzlukların bertaraf edilmesi ya da direnç sağlayarak iyileştirici bir etki gözlenmesi sağlanmıştır. Bu doğrultuda canlıların ağır metal ya da mikroplastik alımı gibi toksik alanlarda nanoliflerin kullanımı teşvik edilebileceği düşünülmektedir. Kullanılan üretilen nanolifler içinde ülkemizde en fazla bulunan ve kolay elde edilebilen patates nişastasının en iyi lif yapısını ve model organizma ömründe artış sağlanması nedeniyle

kullanılabilirliğinin daha fazla olabileceğini düşünmemizi sağlamıştır. İlerleyen çalışmalar açısından hazırlanan çalışma; insan ve diğer canlılar üzerinde üretilen nanoliflerin kullanılabilirliği, atık sisteminde sürdürülebilirlik gibi konular için yol gösterici olacaktır.



## KAYNAKÇA

- AKSOY**, Rümeyza ve diğerleri (2016). “Glukoz, Fruktoz, Nişasta Bazlı Şekerler ile Beslenmiş Ratlarda  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  ATPaz (EC 3.1. 6.37) aktivitesi, GLUT ve Adipositokinlerin Araştırılması”. **Van Tıp Dergisi**. 23(2), 167-175.
- ADZAHAN**, Noranizan Mohd. (2002). “Modification on wheat, sago and tapioca starches by irradiation and its effect on the physical properties of fish cracker (keropok)”. **Food Technology, Selangor, University of Putra Malaysia. Master of Science**. 222.
- ADIGÜZEL**, Ali Osman (2013). “Biyöetanolün genel özellikleri ve üretimi için gerekli hammadde kaynakları”. **Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi**. 2(2), 204-220.
- ANDERSEN**, Laila H. ve diğerleri (2010). “Larva gıdasının protein ve karbonhidrat bileşimi, yetişkin *Drosophila melanogaster*'da termal strese ve kuruma toleransını etkiler”. **Böcek fizyolojisi dergisi**. 56(4), 336-340.
- ARCİLA**, Jennifer A., Rose, Devin J. (2015). “Repeated cooking and freezing of whole wheat flour increases resistant starch with beneficial impacts on in vitro fecal fermentation properties”. **J Funct Foods**. 12(0), 230-236.
- ARİJAJE**, Emily Oluwaseun, Ya-Jane Wang (2016). “Effects of enzymatic modifications and botanical source on starch–stearic acid complex formation”. **Starch-Stärke**. 68(7-8),700-708.
- ASHTER**, S. A. (2016). “Introduction to bioplastics engineering: Chapter 5-Types of Biodegradable Polymers”. **William Andrew Publishing**. 1-216.
- ALCAZAR-ALAY**, Sylvia Carolina, Meireles, Maria Angela A. (2015). “Physicochemical Properties, Modifications and Applications of Starches from Different Botanical Sources”. **Food Sciences and Technology, Campinas**. 35(2), 215-236.
- AUGUSTİN**, Mary Ann, Sanguansri, P, Htoon, A. (2008). “Functional performance of a resistant starch ingredient modified using a microfluidiser”. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**. 9, 224-231.
- ALTUNBAY**, Süreyya G, Kangal, Ayşe, Gürel, Songül (2016). “Şeker pancarından biyöetanol üretimi”. **Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi**. 25(2), 334-339.
- ALTUNKAYNAK**, Berrin Zuhul, Özbek, Elvan (2006). “Obezite: nedenleri ve tedavi seçenekleri”. **Van Tıp Dergisi**. 13(4), 138-142.
- ATWELL**, W.A. ve diğerleri (1988). “The terminology and methodology associated with basic starch phenomena”. **Cereal Foods World**. 33(3), 306-311.
- AXELSEN**, M., Arvidsson, LR, Lonroth, P, Smith, U. (1999). “Breakfast glycaemic response in patients with type 2 diabetes: effects of bedtime dietary carbohydrates”. **European Journal of Clinical Nutrition**. 53, 706-710.
- ASHWAR**, Bilal Ahmad ve diğerleri (2016). “Preparation, health benefits and applications of resistant starch—A review”. **Starch-Stärke**. 68(3-4), 287-301.
- ACAR**, Lale, Keskin, Semin Ö. (2021). “Kızılötesi, Mikrodalga, Ultrases Teknolojileri Ve Kombinasyonları Kullanılarak Modifiye Edilmiş Doğal Biyopolimerlerin Çeşitli Özellikleri Üzerine Bir Derleme”. **Gıda**. 46(4), 785-802.
- AGARWAL**, Ashok, Aponte-Mellado, Anamar, Premkumar, Beena J., Shaman, Amani, Gupta, Sajani (2012). “The effects of oxidative stress on female reproduction: a review”. **Reproductive biology and endocrinology**. 10(1), 1-31.
- ABBAS**, K.A. ve diğerleri (2010). “Modified starches and their usages in selected food products: a review study”. **Journal of Agricultural Science**. 2(2), 90.
- ABRAT**, Oleksandra (2015). “Influence of amylose starch on development and lifespan of

- fruit fly *Drosophila melanogaster*”. **Journal of Vasyl Stefanyk Precarpathian National University**. 2(1), 100-106.
- ABRAT**, Oleksandra B. ve diğerleri (2018). “High amylose starch consumption induces obesity in *Drosophila melanogaster* and metformin partially prevents accumulation of storage lipids and shortens lifespan of the insects”. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**. 215, 55-62.
- AKIN**, Ecem ve diğerleri (2020). “Elektro Çekim Yöntemi ile Haloysit Katkılı Biyo-Bazlı Termoplastik Poliüretan Nanolif Üretimi ve Karakterizasyonu”. **Journal of Textiles & Engineers/Tekstil ve Mühendis**. 27(120), 218-229.
- ALTIPARMAK**, Taylan (2021). **Fonksiyonel nörolojik semptom bozukluğu**. Somatik Belirti ve İlişkili Bozukluklar. 1. Baskı. Ankara: Türkiye Klinikleri.
- ALTUNTOP**, E, Bozlu, H, Karabıyık, E. (2014). “Evsel Atıkların Ekonomiye Kazandırılması Tr62 (Adana, Mersin) Bölgesi”. Çukurova Kalkınma Ajansı.
- BULUT**, Sami, Schick, Christoph (2012). “Devitrification of the amorphous fractions of starch during gelatinisation”. **Carbohydr Polym**. 90(1), 140-146.
- BROWNLEE**, Michael (2001). “Biochemistry and molecular cell biology of diabetic complications”. **Nature**. 414, 813-820.
- BURESOVA**, Iva, Hrivna, Ludek (2011). “Effect of wheat gluten proteins on bioethanol yield from grain”. **Applied Energy**. 88,1205-1210.
- BAYLIÄAK**, Maria M. ve diğerleri (2019). “Protective effects of alpha-ketoglutarate against aluminum toxicity in *Drosophila melanogaster*”. **Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology**. 217, 41-53.
- BELLO-PEREZ**, Luis A. ve diğerleri (2020). “Starch digestibility: past, present, and future”. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. 100(14), 5009-5016.
- BALL**, Steven G, Van de Wal, Marion HBJ, Visser, Richard G F (1998). “Progress in understanding the biosynthesis of amylose”. **Trends in Plant Science**. 3(12), 462-467.
- BATTAİS**, Fabrice ve diğerleri (2005). “Food allergy to wheat: differences in immunoglobulin E-binding proteins as a function of age or symptoms”. **Journal of Cereal Science**. 42, 109-117.
- BURRELL**, MM (2003). “Starch: the need for improved quality or quantity-an overview”. **Journal of Experimental Botany**. 54(382),451-456.
- BRUCE**, Kimberley D. ve diğerleri (2013). “High carbohydrate–low protein consumption maximizes *Drosophila* lifespan”. **Deneysel gerontoloji**. 48(10), 1129-1135.
- BECKMAN**, Joshua A., Creager, Mark A. (2016). “Obesity, Diabetes, and Cardiovascular Diseases Compendium”. **Circulation Research**. 118, 1771-1785.
- BAİXAULİ**, R, Salvador, A, Martínez-Cervera, S, Fiszman, S. M. (2008). “Distinctive sensory features introduced by resistant starch in baked products”. **LWT, Food Sci. Technol.**, (in press).
- BOZ**, Hüseyin (2018). “Buğday veya Mısır Nişastası Kullanılarak Üretilen Keklerin Fiziksel, Duyusal ve Tekstürel Özellikleri Üzerine Çirişlendirmenin Etkisi”. **Academic Food Journal/Akademik GIDA**. 16(2),176-182.
- BENGİSU**, Gülşah (2014). “Alternatif Yakıt Kaynağı Olarak Biyoetanol”. **Alinteri Journal of Agriculture Sciences**. 27(2).
- BATU**, Ali, Kırmacı, Bilal (2006). “Lokum üretimi ve sorunları”. **Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi**. 3, 37-49.
- BOLAYIR**, Banu, Ergülen, Ahmet (2017). “Bulanık Doğrusal Programlama Yönetimi ile Optimal Planlama: Gıda ve Tarım Ürünleri Atıklarından Geri Dönüşüm Yapan Bir İşletmede Uygulama”. **Ulak Bilge Sosyal Bilimler Dergisi**. 33(18), 2097-2129.
- BAJRACHARYA**, Rijan, Ballard, J. William O. (2018). “Dietary management and physical

- exercise can improve climbing defects and mitochondrial activity in *Drosophila melanogaster* parkin null mutants”. **Fly**. 12(2), 95-104.
- BHARDWAJ**, Nandana, Kundu, Subhas, C. (2010). “Elektrospinning: büyüleyici bir elyaf üretim tekniği”. **Biyoteknoloji gelişmeleri**. 28(3), 325-347.
- BHASWANT**, Maharshi ve diğerleri (2017). “Anthocyanins in chokeberry and purple maize attenuate diet-induced metabolic syndrome in rats”. **Nutrition**. 41, 24-31.
- BAKER**, Keith D., Thummel, Carl S. (2007). “Diabetic larvae and obese flies-emerging studies of metabolism in *Drosophila*”. **Cell metabolism**. 6(4), 257-266.
- BİÇER BAYRAM**, Şerife (2020). Kabak çekirdeği zarının gıda takviyesi olarak kullanılabilirliğinin belirlenmesi. Master's thesis, Necmettin Erbakan Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi. Konya.
- BİRSE**, Ryan T. ve diğerleri (2010). “High-fat-diet-induced obesity and heart dysfunction are regulated by the TOR pathway in *Drosophila*”. **Cell Metab**. 12, 533-544.
- CHEN**, Yuwei ve diğerleri (2020). “Use of starch based fat replacers in foods as a strategy to reduce dietary intake of fat and risk of metabolic diseases”. **Food science & nutrition**. 8(1), 16-22.
- CHRONAKİS**, Ioannis S. (2005). “Novel nanocomposites and nanoceramics based on polymer nanofibers using electrospinning process—a review”. **Journal of Materials Processing Technology**. 167, 283–293.
- CARLSTEDT**, Jonas (2015). “Understanding starch gelatinization: The phase diagram approach”. **Carbohydr Polym**, 129, 62-69.
- CREEDON**, M., Cunningham, D., Hogan, J. (2010). “Food Waste Prevention Guide Ireland”. **Clean Technology Center, Cork Institute of Technology**.
- CORGNEAU**, Magda (2019). “Digestibility of common native starches with reference to starch granule size, shape and surface features towards guidelines for starch-containing food products”. **International Journal of Food Science & Technology**. 54(6), 2132-2140.
- CHONG**, E.J. ve diğerleri (2007). “Evaluation of electrospun PCL/gelatin nanofibrous scaffold for wound healing and layered dermal reconstitution”. **Acta Biomater**. 3(3): 321–330.
- CANDAL**, Cihadiye, Kılıç, Özlem, Erbaş, Mustafa (2016). “Enzime Dirençli Nişasta Üretim Yöntemleri ve Gıda Endüstrisinde Kullanım Amaçları”. **Gıda/The Journal of Food**. 41(6), 419-426.
- CAO**, Leichang ve diğerleri (2018). “Phosphoric acid-activated wood biochar for catalytic conversion of starch-rich food waste into glucose and 5-hydroxymethylfurfural”. **Bioresource technology**. 267, 242-248.
- CANOVAS**, Ana, Perez-Alvarez, Jose Angel (2006). “La fibra dietetica: Un ingrediente para el desarrollo de alimentos funcionales”. **Aliment**. 370, 65-68.
- CANAVOSO**, Lilian E. ve diğerleri (2001). “Fat metabolism in insects”. **Annual review of nutrition**. 21(1), 23-46.
- ÇELİK**, Mustafa, Kılıç, Eylem (2020). “Bitkisel Kaynaklı Biyopolietilenin Biyokompozit Üretiminde ve Polimer Karışımlarında Kullanımı”. **Tekstil ve Mühendis**. 27(119), 197-215.
- ÇANKAYA**, Nevin (2011). “Selüloz üzerinde aşılama çalışmaları”. Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- DEİTZEL**, J. M., Kleinmeyer, J., Harris, D. E. A., Tan, N. B. (2001). “The effect of processing variables on the morphology of electrospun nanofibers and textiles”. **Polymer**. 42(1), 261-272.
- DEMİREKİN**, Ayşe, Gül, Hülya (2016). “Enzime Dirençli Nişasta ve Sağlık Üzerindeki Etkileri”. **Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**. 30(2), 71-78.

- DİNÇ**, Saliha, Kara, Meryem, Arslanoğlu, Ş. Funda- **PATATES VE SAĞLIK**.
- DÍAS**, F.F., Tekchandani, H.K., Mehta, D. (1997). “Modified starches and their use by the food industry”. **Indian Food Industry**. 16(4), 33-39.
- DEMİR**, Mustafa Kürşat, Kılınç, Mehmet (2016). “Kinoa: Besinsel ve antibesinsel özellikleri”. **Journal of food and health science**. 2(3), 104-111.
- DEMİR**, MM, Yılgör, İ., Yılgör, EEA, Erman, B. (2002). “Poliüretan liflerin elektrosinlenmesi”. **Polimer**. 43(11), 3303-3309.
- DUS**, Monica ve diğerleri (2011). “Taste-independent detection of the caloric content of sugar in Drosophila”. **Proceedings of the National Academy of Sciences**. 108(28), 11644-11649.
- EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition, and Allergies (NDA)** (2010). Scientific opinion on dietary reference values for carbohydrates and dietary fibre. **EFSA Journal**, 8(3), 1462.
- EREL**, Özcan (2004). “A novel automated direct measurement method for total antioxidant capacity using a new generation, more stable ABTS radical cation”. **Clinical biochemistry**. 37(4), 277-285.
- EREL**, Özcan (2005). “A new automated colorimetric method for measuring total oxidant status”. **Clinical biochemistry**. 38(12), 1103-1111.
- ELGÜN**, A., Z. Ertugay (1997). **Tahıl İşleme Teknolojisi** (3. baskı). Atatürk İniv. Ziraat Fak., 376.
- ESMER**, Sadullah ve diğerleri (2020). “Parkinson Hastalığı Teşhisi İçin Makine Öğrenmesi Tabanlı Yeni Bir Yöntem”. **Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi**. 8, 1877-1893.
- ELMALI**, Canberk ve diğerleri (2020). “Elektro Çekim Yöntemi ile Çörek Otu ve Yün Yağı Takviyeli Yara Örtüsü Geliştirilmesi”. **International Periodical of Recent Technologies in Applied Engineering**. 2(1), 1-14.
- EERLİNGEN**, R.C., Delcour, J.A. (1995). “Formation, analysis, structure and properties of type III enzyme resistant starch”. **J Cereal Sci**. 22(2), 129-138.
- ENGLYST**, H., Wiggins, H. S., Cummings, J. H. (1982). “Determination of the non-starch polysaccharides in plant foods by gas-liquid chromatography of constituent sugars as alditol acetates”. **Royal Society of Chemistry**. 107 (1272), 307-318.
- ENGLYST**, Hans N, Kingman, S.M., Cummings, J.H. (1992). “Classification and measurement of nutritionally important starch fractions”. **European Journal of Clinical Nutrition**. 46(2), 33-50.
- ENGLYST**, Klaus N. (1999). “Rapidly available glucose in foods: an in vitro measurement that reflects the glycemic response”. **American Journal of Clinical Nutrition**. 69, 448-454.
- ENGLYST**, Klaus N. ve diğerleri (2003). “Glycaemic Index of cereal products explained by their content of rapidly and slowly available glucose”. **British Journal of Nutrition**. 89, 329-339.
- EASTMAN**, James E. (1987). “Cold water swelling starch composition”. **United States Patent US**. 4, 634-596.
- ECHEVARRÍA**, S. ve diğerleri (2011). “Food Banks: Hunger’s New Staple”. A report on Visitation Patterns and Characteristics of Food Pantry Clients in the United States in 2009. **Feeding America**. Chicago. USA.
- ESCARPA**, A. ve diğerleri (1996). “Resistant starch formation: Standardization of a high-pressure autoclave process”. **J. Agric. Food Chem**. 44,924-928.
- ERBERSDOBLER**, Helmut, F, Barth, Christian, A, Jahreis, Gerhard (2017). “Legumes in Human Nutrition”. **Ernahrungs umschau**. 64(9), 140-144.
- ELLS**, Louisa J. ve diğerleri (2005). “Postprandial glycaemic, lipaemic and haemostatic

- responses to ingestion of rapidly and slowly digested starches in healthy young women”. **British Journal of Nutrition**. 94, 948-955.
- FAUCHER**, Cecile P., Hilker, Monika, Bruyne, Marien (2013). “Interactions of carbon dioxide and food odours in *Drosophila*: olfactory hedonics and sensory neuron properties”. **PloS one**. 8(2), 56361.
- FEANY**, Mel B., Bender, W. W. (2000). “A *Drosophila* model of Parkinson's disease”. **Nature**. 404(6776), 394-398.
- FUENTES-ZARAGOZA**, Evangelica (2011). “Resistant starch as prebiotic: A review”. **Starch**. 63(7), 406-415.
- FAN**, Daming, Ma (2013). “Determining the effects of microwave heating on the ordered structures of rice starch by NMR”. **Carbohydr Polym**. 92(2), 1395-1401.
- FERNANDEZ-LOPEZ**, Juana (2007). “Orange fibre as potential functional ingredient for dry-cured sausages”. **Euro. Food Res. Technol**. 266, 1-6.
- FORSHEE** Richard A. (2007). “A critical examination of the evidence relating high fructose corn syrup and weight gain”. **Critical reviews in food science and nutrition**. 47(6): 561-582.
- FREİ**, M, Siddhuraju, P, Becker, K. (2003). “Studies on the in vitro starch digestibility and the glycemic index of six different indigenous rice cultivars from the Philippines”. **Food Chemistry**. 83(3), 395-402.
- GARGANO**, Julia Warner ve diğ erleri (2005). “Rapid iterative negative geotaxis (RING): a new method for assessing age-related locomotor decline in *Drosophila*”. **Experimental gerontology**. 40(5), 386-395.
- GERİTS**, Lien R, Pareyt Bram, Delcour Jan A (2015). “Wheat starch swelling, gelatinization and pasting: Effects of enzymatic modification of wheat endogenous lipids”. **LWT - Food Sci Technol**. 63(1), 361-366.
- GROSS**, Akiva Haralampu, Stephen G. (1999). “Microcrystalline starch-based product and use in foods”. **United States Patent US 5. 962, 047**.
- GERÇEKASLAN**, K Emre, Kotancılar, H Gürbüz, Karaoğ lu, M Murat (2007). “Ekmek bayatlaması ve bayatlama derecesini ölçmede kullanılan yöntemler-I”. **Gıda**. 32(6), 305-315.
- GÜNGÖR**, Askiner, Gupta, Surendra M (1999). “Issues in Environmentally Conscious Manufacturing and Product Recovery: A Survey”. **Computers and Industrial Engineering**. 36 (4), 811-853.
- GÜNEL**, E. (2010). “Nişasta ve ş eker bitkileri üretimi”. **Türkiye Ziraat Mühendisliđ i VII. Teknik Kongresi**, 11-15.
- GRAHAM-ROWE**, Ella, Jessop, Donna C, Sparks, Paul (2014). “Identifying Motivations and Barriers To Minimising Household Food Waste”. **Resources, Conservation and Recycling**. 84, 15-23.
- GENÇ**, Nevim (2011). “Atıkların Biyohidrojen Üretim Potansiyellerinin Değ erlendirilmesi”. **Pamukkale University Journal of Engineering Sciences**. 17(2).
- GÜNEŞ**, Eda, Erdal, Mehmet Okan, Lokman, G. E. M. İ. (2017). “The effect of nanofiber on the biological traits of *Drosophila Melanogaster*”. **Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**. 21(6), 1608-1612.
- GÜNEŞ**, Eda, Erç etin, Hatice Kübra (2020). “Plastik Mi Yenilebilir Ürünler Mi?(Plastic or Edible Products?)”. **Journal of Tourism and Gastronomy Studies**. 8(1), 700-717.
- GÜNEŞ**, Eda (2021a). “Antioxidant effects of ankaferd blood stopper doped polyvinyl pyrrolidone in an experimental model created in insect”. **Food and Chemical Toxicology**. 148, 111-935.
- GÜNEŞ**, Eda, Danacıoğ lu, Derya A. (2018). “The effect of olive (*Olea europaea* L.) phenolics and sugar on *Drosophila melanogaster*'s development”. **Animal**

- Biology**. 68(4), 367-385.
- GÜNEŞ**, Eda, Büyükgüzel, Ender (2017). “Oxidative effects of boric acid on different developmental stages of *Drosophila melanogaster* Meigen, 1830 (Diptera: Drosophilidae)”. **Türkiye Entomoloji Dergisi**. 41(1), 3-15.
- GÜNEŞ**, Eda (2021b). “Ankaferd Blood Stopper, *Drosophila melanogaster*'de Stres ve Yaşlanma Üzerindeki Davranışı Değiştiriyor mu”? **Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi**. kabul edildi yayın aşamasında.
- GÖNÜL**, Meral (1978). “Nişastanın Gıda Endüstrisinde Kullanımı”. **Gıda**. 3(3).
- GÖNEY**, Gülşen (2020). “Obezitenin Genotoksik Etkileri”. **Türkiye Diyabet ve Obezite Dergisi**. 4(3), 279-283.
- GÜLTEPE**, Eyüp Eren, Bayram, İsmail (2019). “Bitkisel ve Endüstriyel Atıkların Ruminant Beslemede Etkin Kullanımının Hayvan Verimi Üzerine Etkileri”. **Turkiye Klinikleri Animal Nutrition and Nutritional Diseases-Special Topics**. 5(3), 14-21.
- GIROTTI**, Francesca, Alibardi, Luca, Cossu, Raffaello (2015). “Food waste generation and industrial uses: a review”. **Waste management**. 45, 32-41.
- GOLAY**, Alain ve diğerleri (1992). “The effect of muesli or cornflakes at breakfast on carbohydrate metabolism in type 2 diabetic patients”. **Diabetes research and clinical practice**. 15(2), 135-141.
- HAZIR**, Cem, Gamze, Bora., Yurter, Hayat E. (2020). “Nörodejeneratif Hastalık Araştırmalarında *Drosophila melanogaster* Modeli”. **Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi**. 46(2), 237-245.
- HALMENSCHLAGER**, Paula, Tais, João, Batista, Teixeira da Rocha (2019). “Biochemical CuSO<sub>4</sub> Toxicity in *Drosophila melanogaster* depends on sex and developmental stage of exposure”. **Biological trace element research**. 189(2), 574-585.
- HERRERO- HERRERO**, M., Gómez-Tejedor, J. A., Vallés-Lluch, A. (2018). “PLA/PCL electrospun membranes of tailored fibres diameter as drug delivery systems”. **Eur. Polym. J.** 99, 445-455.
- HOOVER**, R., Zhou, Y. (2003). “In vitro and in vivo hydrolysis of legume starches by  $\alpha$ -amylase and resistant starch formation in legumes a review”. **Carbohydrate Polymers**. 54, 401-417.
- HAN**, Ying ve diğerleri (2021). “Purple Sweet Potato Extract extends lifespan by activating autophagy pathway in male *Drosophila melanogaster*”. **Experimental Gerontology**. 144, 111-190.
- HARRISON**, Benjamin R. ve diğerleri (2020). “The metabolome as a link in the genotype-phenotype map for peroxide resistance in the fruit fly, *Drosophila melanogaster*”. **BMC genomics**. 21, 1-22.
- HU**, Aijun Li, Y., Zheng, Jie (2019). “Dual-frequency ultrasonic effect on the structure and properties of starch with different size”. **Food science and technology (LWT)**. 106, 254-262.
- HU**, Shao Wei ve diğerleri (2020). “Serotonin Signals Overcome Loser Mentality in *Drosophila*”. **Iscience**. 23(11), 101-651.
- HYRŠL**, Pavel, Büyükgüzel, Ender, Büyükgüzel, Kemal (2007). “The effects of boric acid-induced oxidative stress on antioxidant enzymes and survivorship in *Galleria mellonella*”. **Archives of Insect Biochemistry and Physiology: Published in Collaboration with the Entomological Society of America**. 66(1), 23-31.
- HESSO**, Nesrin ve diğerleri (2015). “The role of ingredients on thermal and rheological properties of cake batters and the impact on microcake texture”. **LWT-Food Science and Technology**. 63, 1171-1178.
- HENRY**, Youn, Johannes Overgaard, Hervé Colinet. (2020). “Dietary nutrient balance

- shapes phenotypic traits of *Drosophila melanogaster* in interaction with gut microbiota”. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**. 241, 110-626.
- HORTON**, Douglas (1987). “Potatoes, Production, Marketing and Programs for Developing Countries”. Westview Press, Boulder, USA.
- HOFVENDAHL** Karin, Hahn-Hagerdal Barbel (2000). “Factors affecting the fermentative lactic acid production from renewable resources”. **Enzyme and Microbial Technology**. 26, 87-107.
- HİRAO**, Kazuko ve diğerleri (2021). “Starch gel foods in cookery science: application of native starch and modified starches”. **Journal of Biorheology**. 35(1), 29-41.
- İPEK**, Gülnur (2020). “*Drosophila melanogaster*’de srl geninin egzersiz fizyolojisi yanıtlarını etkileyen genetik elementlerin genom boyulu ilişkilendirme çalışması ile saptanması”. Hacettepe Üniversitesi, Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. Ankara
- JENKİNS**, David J ve diğerleri (2002). “High-complex carbohydrate or lente carbohydrate foods”. **Am. J. Med.** 113, 30-37.
- JİA**, Qiangqiang ve diğerleri (2014). “Mmp1 and Mmp2 cooperatively induce *Drosophila* fat body cell dissociation with distinct role”. **Sci.Rep.** 4, 10-11.
- KILINÇÇEKER**, Osman (2019). “Bezelye (*Pisum sativum* L.) Nişastasının Gıda Sanayinde Kullanımı”. **Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi**. 8(1), 52-58.
- KODAŞ**, Recep, Er, Celal (2012). “Tahıllarda organik yetiştiricilik”. **Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**. 26(1), 103-116.
- KWANG**, Yeon, Suyong, Lee, Hyeon, Gyu (2013). “Influence of storage temperature and autoclaving cycles on slowly digestible and resistant starch (RS) formation from partially debranched rice starch”. **Starch/ Stärke**. 65, 694-701.
- KOTANCILAR**, H. Gürbüz (2009). “Besinsel lif kaynağı olarak enzime dirençli nişasta”. **Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**. 40(1), 103-107.
- KAHRAMAN**, Kevser ve Köksel, Hamit (2006a). “Enzime dirençli nişasta üretimi ve fonksiyonel özelliklerinin incelenmesi”. **Hububat Ürünleri Tekn. Kong.** 7-8 Eylül, Gaziantep.
- KAHRAMAN**, Kevser ve Köksel, Hamit (2006b). “Yüksek amilozlu nişastadan enzime dirençli nişasta üretimi ve karakterizasyonu”. Türkiye 9. **Gıda Kong.** 24-26 Mayıs, Bolu.
- KARAGÜL**, Eylem Tugay (2018). “Türkiye Bakla, Bezelye ve Börülce Tarımına Bir Bakış”. Yemeklik Tane Baklagil Çalıştayı. Adana. Çalıştay Kitabı, Ss: 166-180.
- KARAOĞLU**, M. M. (1998). “Farklı yöntemler uygulanarak elde edilmiş modifiye nişastaların kek kalitesi üzerin etkileri”. Atatürk Üniv. Fen Bil. Ens.(Yüksek Lisans Tezi), Erzurum.
- KÖKSEL**, Hamit (2007). **Karbonhidratlar. Gıda Kimyası**, Saldamlı İ. (Baş Editör), Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara, Türkiye.
- KOH**, Lee Wah ve diğerleri (2009). “Structural enhancement leading to retardation of in vitro digestion of rice dough in the presence of alginate”. **Food Hydrocolloids**. 23, 1458-1464.
- KAUR**, Bhupinder ve diğerleri (2012). “Progress in starch modification in the last decade”. **Food hydrocolloids**. 26(2), 398-404.
- KIZILASLAN**, Halil (2004). “Dünya’da ve Türkiye’de buğday üretimi ve uygulanan politikaların karşılaştırılması”. **GOÜ. Ziraat Fakültesi Dergisi**. 21 (2), 23-38.
- KENT**, N. L. (1970). **Technology of Cereals**. Pergamon Press Ltd., Oxford, 262.
- LEE**, Shin-Hae ve diğerleri (2015). “Effects of carbon nanofiber on physiology of *Drosophila*”. **International journal of nanomedicine**. 10,36-87.

- LEE, Kwang Pum ve diğerleri (2008). “Lifespan and reproduction in *Drosophila*: new insights from nutritional geometry”. **Proceedings of the National Academy of Sciences**. 105(7),2498-2503.
- LETURQUE, Armelle, Edith Brot-Laroche, Maude Le Gall. (2012). “Carbohydrate intake”. **Progress in molecular biology and translational science**. 108, 113-127.
- LERTWANAWATANA, Proyphon, Frazier, Richard A, Niranjan, Keshavan (2015). “High pressure intensification of cassava resistant starch (RS3) yields”. **Food Chem**. 181, 85-93.
- LEHMANN, U. Robin, F. (2007). “Slowly digestible starch—its structure and health implications: a review”. **Trends in Food Science & Technology**. 346-355.
- LEWIS, Laurence P. ve diğerleri (2015). “A higher brain circuit for immediate integration of conflicting sensory information in *Drosophila*”. **Current biology**. 25(17), 2203-2214.
- LIAN, Xijun, Zhao, Shuyi, Liu, Qinshen, Zhang, Xu (2011). “A photographic approach to the possible mechanism of retrogradation of sweet potato starch”. **Int J Biol Macromol**. 48(1), 125-128.
- LEUNG, Man Yee Mallory (2015). “Life years lost and lifetime health care expenditures associated with diabetes in the US, National Health Interview Survey, 1997-2000”. **Diabetes care**. 38(3), 460-468.
- LIMA, Dâmaris Carvalho ve diğerleri (2021). “Ozone processing of cassava starch”. **Ozone: Science & Engineering**. 43(1), 60-77.
- LUYT, Adrian S., Malik, Sarah S. (2019). “Plastics to Energy: Chapter 16-Can biodegradable plastics solve plastic solid waste accumulation”? **William Andrew Publishing**. 403-423.
- LUNN, J., Buttriss, J. L. (2007). “Carbohydrates and dietary fibre”. **Nutrition Bulletin**. 32(1), 21-64.
- LIU, Jinyue, Xiaoqin Li, Xing Wang. (2019). “Toxicological effects of ciprofloxacin exposure to *Drosophila melanogaster*”. **Chemosphere**. 237, 124-542.
- LI, Xiang ve diğerleri (2019). “Transcriptomic analysis of the life-extending effect exerted by black rice anthocyanin extract in *D. melanogaster* through regulation of aging pathways”. **Experimental gerontology**. 119, 33-39.
- LIMA, Damaris Carvalho ve diğerleri (2021). “Ozone processing of cassava starch”. **Ozone: Science & Engineering**. 43(1), 60-77.
- MARTÍNEZ, V. G. ve diğerleri (2007). “Age-related changes in climbing behavior and neural circuit physiology in *Drosophila*”. **Developmental neurobiology**. 67(6), 778-791.
- TINETTI, Mary E. ve diğerleri (2012). Effect of a restorative model of posthospital home care on hospital readmissions. **Journal of the American Geriatrics Society**, 60(8), 1521-1526.
- MİYAZAKI, Megumi R. ve diğerleri (2006). “Recent advances in application of modified starches for breadmaking”. **Trends in Food Science & Technology**. 17,591-599.
- MCKEVITH, Brigh (2004). “Nutritional aspects of cereals”. **British Nutrition Foundation. Nutr. Bull**. 29, 111-142.
- MERAL, Raciye, Kamberoğlu, Gülşah Saydan (2012). “Tahıllardan etanol üretimi”. **İğdir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**. 2(3), 61-68.
- MUN, Saehun, Kim ve diğerleri (2009). “Development of reduced-fat mayonnaise using 4αGTase-modified rice starch and xanthan gum”. **Biological Macromolecules**. 44(5), 400-407.
- MARRA, Federica (2013). “Fighting Food Loss and Food Waste in Japan. M. A. in Japanese Studies - Asian Studies 2011 - 2013”, Leiden University.
- MUSSELMAN, L. P., Kuhnlein, R. P. (2018). “*Drosophila* as a model to study obesity and

- metabolic disease”. **J. Exp. Biol.** 221(1), 163-881.
- MUSSELMAN**, L.P. ve diğ erleri (2011). “A high-sugar diet produces obesity and insulin resistance in wild-type *Drosophila*”. **Dis. Model. Mech.** 4, 842-849.
- MİSHRA**, S, Rai, T. (2002). “Functionality of starch hydrolyzates”. **Indian Food Industry.** 21(2), 37-41.
- MELWİTZ**, A., Spitzfaden, K., Seewi, G. Stute, R. (1992). “Use of starch as a fat and oil substitute in foods”. **German Federal Republic Patent DE 4.** 117, 327.
- MERMER**, Meltem, Yıldır an, Hilal (2020). “Parkinson Hastalığı Patogenezinde Esansiyel Yağ Asitleri ve Kolesterolün Etkileri”. **Süleyman Demirel Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi.** 11(1), 120-126.
- MİR**, J A, Srikaeo, Khongsak, García, J. (2013). “Effects of amylose and resistant starch on starch digestibility of rice flours and starches”. **International Food Research Journal.** 20,1329-1335.
- MURPHY**, Mary M, Douglass, Judith Spungen, Birkett, Anne (2008). “Resistant starch intakes in the United States. *J. Am. Diet. Assoc.*”. **Journal of the American Dietetic Association.** 108, 67-78.
- MURÛA-PAGOLA**, Beneranda ve diğ erleri (2021). “Protective effect of a cross-linked starch by extrusion on the survival of *Bifidobacterium breve* ATCC 15700 in yogurt”. **Journal of Food Processing and Preservation.** 45(1),15097.
- M’ANGALE**, P. Githure, Staveley, Brian E. (2017). “The HtrA2 *Drosophila* model of Parkinson’s disease is suppressed by the pro-survival Bcl-2 Buffy”. **Genome.** 60(1), 1-7.
- MARSEGLİA**, Lucia ve diğ erleri (2015). “Oxidative stress in obesity: a critical component in human diseases”. **International journal of molecular sciences.** 16(1), 378-400.
- MİSHRA**, S, Monro, J, Hedderley, D (2008). “Effect of processing on slowly digestible starch and resistant starch in potato”. **Starch.** 60, 500-507.
- MİLON**, H (2004). “Starch study. Personal communication”.
- NUGENT**, Anne P. (2005). “Health properties of resistant starch”. **British Nutrition Foundation, Nutrition Bulletin.** 30, 27-54.
- NİİNİKOSKİ**, H., Ruottinen, S. (2012). “Is carbohydrate intake in the first years of life related to future risk of NCDs”? **Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases.** 22(10), 770-774.
- OYMAK**, B. (2019). Dopaminerjik ve seratonerjik sinir hücrelerinde oluşturulan sitokrom c oksidaz eksikliğ inin etkilerinin *Drosophila melanogaster* üzerinde araştırılması. Yüksek Lisans Tezi.Pamukkale Üniversitesi, Denizli.
- ORTEGA**, Omar ve diğ erleri (2020). “Therapeutic effect, rheological properties and  $\alpha$ -amylase resistance of a new mixed starch and xanthan gum thickener on four different phenotypes of patients with oropharyngeal dysphagia”. **Nutrients.** 12(6), 1873.
- OLSHANSKY**, S. J. ve diğ erleri (2007). “Pursuing the longevity dividend”. **Ann. N.Y. Acad. Sci.** 1114, 11-13.
- OWUSU-ANSAH**, Edward, Norbert, Perrimon (2014). “Modeling metabolic homeostasis and nutrient sensing in *Drosophila*: implications for aging and metabolic diseases”. **Disease models & mechanisms.** 7(3), 343-350.
- ONYANGO**, Calvin (2016). “Starch and modified starch in bread making: A review”. **African Journal of Food Science.** 10(12), 344-351.
- ÖZGÜN**, Eray ve diğ erleri (2013). “Deneysel Kolitite L-Karnitinin Serum Paraoksonaz, Arilesteraz ve Laktonaz Aktivitelerine ve Oksidatif Duruma Etkisi”. **Türk Biyokimya Dergisi.** 38(2), 145-153.
- ÖLÇER**, Hülya, Akın, Betül (2008). “Starch: Biosynthesis, granule structure and genetic modifications”. **Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi.** (16), 1-



- 12.
- ÖZCAN**, Sebahattin (2009). “Modern dünyanın vazgeçilmez bitkisi mısır: genetiği değiştirilmiş (transgenik) mısırın tarımsal üretime katkısı”. **Turkish Journal of Scientific Reviews**. 2(2),01-34.
- ÖZKAYA**, B. (1999). “Tahılların neden olduğu alerjiler ve önemi-2”. **Food Hi-Tech**. 82-88.
- PANT**, Devesh C., Mansi Dave, Anand K. Tiwari (2013). “Wheatgrass (*Triticum aestivum* L.) supplementation promotes longevity in *Drosophila melanogaster*”. **Ann. Plant Sci.** 02 (01), 49-54.
- PENG**, Cheng ve diğerleri (2012). “Blueberry extract prolongs lifespan of *Drosophila melanogaster*”. **Experimental gerontology**. 47(2), 170-178.
- PİPER**, Matthew D., Partridge, Linda (2018). “*Drosophila* as a model for ageing”. **Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular Basis of Disease**. 1864(9), 2707-2717.
- RAHİM**, Saeid Chobbar, Ova, Gülden (2016). “İran ve Türkiye Safranları Kullanılarak Yapılan Pudinglerde Dokusal Kalite Özelliklerindeki Değişimlerin Objektif ve Subjektif Yöntemlerle İncelenmesi”. **Akad Gıda**. 14(4), 388-392.
- RAJAN**, Akhila, Perrimon, Norbert (2013). “Of flies and men: insights on organismal metabolism from fruit flies”. **BMC biology**. 11(1), 1-6.
- ROBYT**, John F. (1998). **Essentials of Carbohydrate Chemistry**, Springer, (399s). New York.
- ROEHR**, Max (2001). *The Biotechnology Of Ethanol*, Wiley-VCH, (232s). Weinheim.
- RODRİGUES**, Marisa A. ve diğerleri (2015). “*Drosophila melanogaster* larvae make nutritional choices that minimize developmental time”. **Journal of insect physiology**. 81, 69-80.
- REİS**, Taniâ (2016). “Effects of synthetic diets enriched in specific nutrients on *Drosophila* development, body fat, and lifespan”. **PLoS One**. 11(1).
- REDDY**, Jeevan Prasad, Manjusri Misra, Amar Mohanty. (2013). “Injection moulded biocomposites from oat hull and polypropylene/polylactide blend: fabrication and performance evaluation”. **Advances in Mechanical Engineering**. 5, 761-840.
- REDDY**, Chagam Koteswara (2019). “Enzymatic debranching of starches from different botanical sources for complex formation with stearic acid”. **Food Hydrocolloids**. 89, 856-863.
- RENEKER**, Darrell H. ve diğerleri (2000). “Bending instability of electrically charged liquid jets of polymer solutions in electrospinning”. **Journal of Applied physics**. 87(9), 4531-4547.
- ROVENKO**, Bohdana M. ve diğerleri (2014). “Molybdate partly mimics insulin-promoted metabolic effects in *Drosophila melanogaster*”. **Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology**. 165, 76-82.
- ROVENKO**, Bohdana M. ve diğerleri (2015a). “High sucrose consumption promotes obesity whereas its low consumption induces oxidative stress in *Drosophila melanogaster*”. **Journal of insect physiology**. 79, 42-54.
- ROVENKO**, Bohdana M. ve diğerleri (2015b). “Restriction of glucose and fructose causes mild oxidative stress independently of mitochondrial activity and reactive oxygen species in *Drosophila melanogaster*”. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**. 187, 27-39.
- ROVENKO**, Bohdana M. ve diğerleri (2015c). “High consumption of fructose rather than glucose promotes a diet-induced obese phenotype in *Drosophila melanogaster*”. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**. 180, 75-85.
- SUTTİSANSANEE**, Uthaiwan ve diğerleri (2020). “Mulberry fruit cultivar ‘Chiang

- Mai'prevents beta-amyloid toxicity in PC12 neuronal cells and in a Drosophila model of Alzheimer's disease". **Molecules**. 25(8), 1837.
- SANTANA**, Adina L., Angela, M., Meireles, A. (2014). "New Starches are the Trend for Industry Applications: A Review". **Food and Public Health**. 4(5), 229-241.
- SAJİLATA**, M. G, Singhal, R. S. (2004). "Specialty starches for snack foods". **Carbohydrate Polymers**. 59(2005), 131-151.
- SAJİLATA**, M. G, Singhal, Rekha S. (2005). "Specialty starches for snack foods". **Carbohydrate polymers**. 59(2), 131-151.
- SAJİLATA**, M G, Singhal, Rekha S, Kulkarni, Pushpa R (2006). "Resistant starch". **Comp. Rev. Food Sci. Food Safety**. 5, 1-17.
- SANTELIA**, Diana, Zeeman, Samuel C. (2011). "Progress in Arabidopsis Starch Research and Potential Biotechnological Applications". **Current Opinion in Biotechnology**. 22(2), 271-280.
- SANZ**, T, Salvador, A., Fiszman, S. M. (2008). "Resistant starch (RS) in battered fried products: Functionality and high-fibre benefit". **Food Hydrocolloids**. 22, 543-549.
- SALTABAŞ**, Fatih ve diğerleri (2009). "Eysel Katı Atık Termal Bertaraf Yöntemleri ve İstanbul'a Uygulanabilirliği". Türkiye'de Katı Atık Yönetimi Sempozyumu'nda sunulan bildiri, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.
- SAN CHOİ**, Jin ve diğerleri (2008). "The influence of electrospun aligned poly ( $\epsilon$ -caprolactone)/collagen nanofiber meshes on the formation of self-aligned skeletal muscle myotubes". **Biomaterials**. 29(19), 2899-2906.
- SEAL**, Chris J. ve diğerleri (2003). "Postprandial carbohydrate metabolism in healthy subjects and those with type 2 diabetes fed starches with slow and rapid hydrolysis rates determined in vitro". **British Journal of Nutrition**. 90, 853-864.
- SCHNEIDER**, Felicitas (2013). "The evolution of food donation with respect to waste prevention". **Waste Manage**. 33(3), 755-763.
- SINGH**, Jaspreet, Dartois, Anne, Kaur, Lovedeep (2010). "Starch digestibility in food matrix: a review". **Trends in Food Science & Technology**. 21(4), 168-180.
- SHİN**, Hye-Young, Ma, Jin-Gyeongma, Kim, Jong Yea (2020). "Effects of the chemical and physical reaction conditions on the formation of nanocomposites made of starch and stearic acid". **Carbohydrate polymers**. 236, 116066.
- SIMPSON**, Stephen J. ve diğerleri (2017). "Dietary protein, aging and nutritional geometry". **Ageing Research Reviews**. 39, 78-86.
- SRIROTH**, Klanarong ve diğerleri (2000). "Processing of cassava waste for improved biomass utilization". **Bioresource technology**. 71(1), 63-69.
- STOCKER**, Reinhard F. (1994). "The organization of the chemosensory system in *Drosophila melanogaster*: a review". **Cell and Tissue Research**. 275, 3-26.
- SOUCİ** Siegfried Walter, Fachmann, W., Kraut, H. (2008). "In: Deutsche Forschungsanstalt Für Lebensmittelchemie (ed) Food Composition and Nutrition Tables. Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie. MedPharm Scientific Publishers, Stuttgart".
- SCHERER**, Philipp E., Hill, Joseph A. (2016). "**Obesity, diabetes, and cardiovascular diseases: a compendium**". 11. Baskı. Circulation Research. Amerika.
- SINGH**, R. Naresh (1997). "Neurobiology of the gustatory systems of *Drosophila* and some terrestrial insects". **Microscopy research and technique**. 39(6), 547-563.
- SMİTH**, Wanli W. ve diğerleri (2014). "From fat fruit fly to human obesity". **Physiology & behavior**. 136, 15-21.
- ŞAHİN**, Songül Kılınç, Bekar, Aydan (2018). "Küresel Bir Sorun "Gıda Atıkları": Otel İşletmelerindeki Boyutları A Global Problem". **Studies**. 6(4), 1039-1061.
- ŞENER**, Aysun, Ünal, M. Ümit (2008). "Gıda Sanayii Atıklarının Biyoteknolojik

- Yöntemlerle Değerlendirilmesi” Türkiye. 10, 21-23.
- TEKİN**, Tuba, Fisunoğlu, Mehmet (2020). “Dirençli Nişastanın İnflamatuar Bağırsak Hastalıkları ve Mikrobiyota Üzerine Etkisi”. **Journal of Traditional Medical Complementary Therapies**. 3(1), 99-106.
- THAKUR**, Rahul ve diğerleri (2019). “Starch-based films: Major factors affecting their properties”. **International journal of biological macromolecules**. 132, 1079-1089.
- TARREGA**, A., Costell, E. (2006). “Effect of inulin addition on rheological and sensory properties of fat-free starch-based dairy desserts”. **International Dairy Journal**. 16(9), 1104-1112.
- TRINH**, Irene, Gabrielle L. Boulianne (2013). “Modeling obesity and its associated disorders in Drosophila”. **Physiology**. 28(2), 117-124.
- TRASANDE**, Leonardo ve diğerleri (2009). “Environment and obesity in the National Children’s Study”. **Environmental Health Perspectives**. 117(2), 159-166.
- TÂRREGA**, A., Durán, L., Costell, E. (2004). “Flow behaviour of semi-solid dairy desserts”. **Effect of temperature. International dairy journal**. 14(4), 345-353.
- TORĞUT**, Gülben, Gürler, Nedim (2021). “Grafen Katkılı Nişasta Filmlerinin Dielektrik Özelliklerinin Geniş Frekans Aralığında İncelenmesi”. **Journal of the Institute of Science and Technology**. 11(2), 1393-1401.
- TSANG**, Yiu Fai ve diğerleri (2019). “Production of bioplastic through food waste valorization”. **Environment international**. 127, 625-644.
- TİAN**, Yixing ve diğerleri (2021). “Calcium phosphate-based composite cement: Impact of starch type and starch pregelatinization on its physicochemical properties and performance in the vertebral fracture surgical models in vitro”. **Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials**. 1-11.
- TEKNİKLER**, Gökhan (2007). “Türkiye’de Tehlikeli Atık Yönetimi ve Avrupa Birliği Ülkeleri İle Karşılaştırmalı Bir Analiz”. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- THAKUR**, Rahul ve diğerleri (2016). “Characterization of rice starch-ı-carrageenan biodegradable edible film. Effect of stearic acid on the film properties”. **International Journal of Biological Macromolecules**. 93, 952-960.
- TALEBNİA**, Farit, Karakashev, Dimitar, Angelidaki, Irini (2010). “Production of bioethanol from wheat straw: An overview on pretreatment, hydrolysis and fermentation”. **Bioresource Technology**. 101, 4744-4753.
- TAYAR**, Mustafa, Çıbık, Recep (2013). **Karbonhidratlar. Gıda kimyası**, (3 baskı). Bursa: Dora yayıncılık.
- TAYAR** Mustafa, Korkmaz, Nimet Haşıl ve Özkeleş, H. Elif (2013). **Beslenme İlkeleri**. (2 baskı).Bursa: Dora yayıncılık
- TAŞKIN**, Vatan ve diğerleri (2007). “The biochemical basis of insecticide resistance and determination of esterase enzyme patterns by using PAGE in field collected populations of Drosophila melanogaster from Muğla province of Turkey”. **Journal of Cell & Molecular Biology**. 6(1), 31-40.
- USLU**, Mustafa Kemal, Erbaş, Mustafa, Turhan, İrfan ve Tetik, Nedim (2010). “Nişasta miktarının ve çöven suyu ilavesinin lokumların bazı özellikleri üzerine etkileri”. **Gıda**. 35(5), 331-337.
- ULUÖZ**, Mustafa, Gönül, Meral, Gözlü, Sıtkı (1974). **Nişasta Özellikleri, Jelatinizasyonu, Modifikasyonu ve Gıda Endüstrisinde Kullanılması**. (ss.1-40). Bornova: Ege Üniversitesi Matbası.
- USMAN**, Adil ve diğerleri (2016). “Enhanced Mechanical, Thermal and Antimicrobial Properties of Poly (Vinyl Alcohol)/Graphene Oxide/Starch/Silver Nanocomposites Films”. **Carbohydrate Polymers**. 153,592-599.

- URL 1. <https://www.fitekran.com/besin-degeri/patates-nisastasi/> Erişim tarihi: 11.06.2021
- URL 2. <https://www.kaloriver.com/bugday-nisastasi-n1521> Erişim tarihi: 11.06.2021
- URL 3. <https://www.fitekran.com/besin-degeri/misir-nisastasi/> Erişim tarihi: 11.06.2021
- ÜNVER**, Bahtiyar (1987). **Deneysel Yiyecek Hazırlama**. Nişasta ve Unun Pişirilmesi içinde (ss.107-127).Ankara: Mars Matbaası.
- VİMAL**, Sunil Kumar, Ahamad, Nadim, Katti, D.hirendra S. (2016). “A simple method for fabrication of electrospun fibers with controlled degree of alignment having potential for nerve regeneration applications”. **Materials Science and Engineering: C**. 63, 616-627.
- VIEIRA**, Melissa Gurgel Adeodato ve diğerleri (2011). “Natural-based plasticizers and biopolymer films: A review”. **European polymer journal**. 47(3), 254-263.
- VAN HUNG**, Pham, Vien, Ngo Lam, hLan-Phi, Nguyen Thi (2016). “Resistant starch improvement of rice starches under a combination of acid and heat-moisture treatments”. **Food Chem**. 191, 67-73.
- VAN-DAM**, Esther ve diğerleri (2020). “Sugar-induced obesity and insulin resistance are uncoupled from shortened survival in Drosophila”. **Cell metabolism**. 31(4), 710-725.
- VAN DER MAAREL**, M. J. E. C. ve diğerleri (2002). “Properties and Applications of Starch-Converting Enzymes Of The  $\alpha$ -Amylase Family”. **Journal of Biotechnology**. (94),137-155.
- VOGT**, Katrin ve diğerleri (2021). “Internal state configures olfactory behavior and early sensory processing in Drosophila larvae”. **Science advances**. 7(1).
- WATERSHOOT**, Jasmien ve diğerleri (2015). “Production, structure, physicochemical and functional properties of maize, cassava, wheat, potato and rice starches”. **Starch-Stärke**. 67(1-2), 14-29.
- WHISTLER**, Roy L, Daniel, James R. (2000). “Starch”. **Kirk-othmer encyclopedia of chemical technology**.
- WHEELOCK**, Verner (1994). “Halo case study of the evolution of a healthy product”. **British Food Journal**. 96(1), 105.
- WANG**, Lijun ve diğerleri (2016). “Purple sweet potato anthocyanin attenuates fat-induced mortality in Drosophila melanogaster”. **Experimental gerontology**. 82, 95-103.
- WANG**, Zuoren ve diğerleri (2004). “Taste representations in the Drosophila brain”. **Cell**. 117(7), 981-991.
- WANG**, Hui, Kong, Lingyan, Ziegler, Gregory R. (2019a). “Aligned wet-electrospun starch fiber mats”. **Food hydrocolloids**. 90, 113-117.
- WANG**, Hui, Kong, Lingyan, Ziegler, Gregory R. (2019b). “Fabrication of starch-Nanocellulose composite fibers by electrospinning”. **Food Hydrocolloids**. 90, 90-98.
- WANG**, Qiao Ping ve diğerleri (2020). “PGC1 $\alpha$  controls sucrose taste sensitization in Drosophila”. **Cell reports**. 31(1), 107-480.
- WANG**, Bin ve diğerleri (2021). “Physicochemical properties and antibacterial activity of corn starch-based films incorporated with Zanthoxylum bungeanum essential oil”. **Carbohydrate Polymers**. 254, 117-314.
- XUE**, Jiajia ve diğerleri (2019). “Electrospinning and electrospun nanofibers: methods, materials, and applications”. **Chemical reviews**. 119(8), 5298-5415.
- XIA**, Jian ve diğerleri (2018). “Crop resistant starch and genetic improvement: a review of recent advances”. **Theor Appl Genet**.131(12), 2495-511.
- YAMADA**, Ryosuke (2009). “Efficient Production of Ethanol from Raw Starch by A Mated Diploid Saccharomyces Cerevisiae with Integrated  $\alpha$ -Amylase and Glucoamylase Genes. Enzyme and Microbial Technology”. **Enzyme and Microbial Technology**. (44), 344-349.
- YAMAN**, Kemal (2012). “Bitkisel Atıkların Değerlendirilmesi ve Ekonomik

- Önemi". **Journal of Forestry Faculty of Kastamonu University**. 12(2).
- YÜCEER**, Muhammed (2007). Kolesterolü Azaltılmış Yumurta Sarısı Üretimi Ve Düşük Kolesterolü Mayonez Üretiminde Kullanımı. İstanbul Teknik Üniversitesi.Fen Bilimleri Enstitüsü.İstanbul.
- YOUNGS**, A.J., Nobis, G.,Town, P. (1983). "Food waste from hotels and restaurants in the UK". **Waste Manage. Res.** 1(1), 295-308.
- YORUÇ**, A. B. H., Uğraşkan, V. (2017). "Yeşil Polimerler ve Uygulamaları".**Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi**. 17(1), 318-337.
- ZAMBERLAN**, D. C. ve diğerleri (2020). "Copper decreases associative learning and memory in *Drosophila melanogaster*". **Science of the Total Environment**. 710,135-306.
- ZHANG**, Genyi, Hamaker, Bruce R. (2009). "Slowly digestible starch: concept, mechanism, and proposed extended glycemic index". **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**. 49, 852-867.
- ZHANG**, Lulu ve diğerleri (2011). "Slowly digestible starch prepared from rice starches by temperature-cycled retrogradation". **Carbohydrate Polymers**. 84(3), 970-974.
- ZHANG**, Huanxin, Zhang, Wei, Xu, Chunz, Zhou, Xing (2014). "Studies on the rheological and gelatinization characteristics of waxy wheat flour". **Int J Biol Macromol**. 64, 123-129.
- ZHANG**, Bin, Dhital (2015). "Extrusion induced low-order starch matrices: Enzymic hydrolysis and structure". **Carbohydr Polym**. 134, 485-496.
- ZHU**, Fan (2016). "Impact of  $\gamma$ -irradiation on structure, physicochemical properties, and applications of starch". **Food Hydrocoll**. 52, 201-212.
- ZEALLEY**, Ben, Aubrey DNJ De Grey. (2013). "Mühendislik ihmal edilebilir yaşlanma için stratejiler". **Gerontoloji**. 59(2),183-189.
- ZENG**, Shaoxiao, Wu ve diğerleri (2015). "Structural characteristics and physicochemical properties of lotus seed resistant starch prepared by different methods". **Food Chem**. 186, 213-222.
- ZHONG**, Yuyue ve diğerleri (2021). "Sequential maltogenic  $\alpha$ -amylase and branching enzyme treatment to modify granular corn starch". **Food Hydrocolloids**. 106-904.
- ZUO**, Yuanyuan ve diğerleri (2012). "Black rice extract extends the lifespan of fruit flies". **Food & function**. 3(12), 1271-1279.

 <p>KONYA</p>	<p>T.C. NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğü</p>	 <p>SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ</p>
--	--	--

## ÖZGEÇMİŞ

**Adı Soyadı:** Dilek DEMİR

### Eğitimi:

2015-2019 Konya Necmettin Erbakan Üniversitesi Gastronomi ve Mutfak Sanatları (Lisans)  
2018-2019 Pedagojik Formasyon Eğitimi - Necmettin Erbakan Üniversitesi (Formasyon)  
2011-2015 Sandıklı Hüdayi Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi (Lise)

### İş/Staj Bilgileri:

2017-2018 Afyon/Sandıklı Safran Termal Otel (Stajyer)  
2016-2017 Afyon Özdilek restaurant/cafe (Kommi)  
2014-2015 Antalya Euphoria Tekirova Hotel (Kommi)  
2013-2014 Antalya Simena Park Hotel (Stajyer)  
2012-2013 Antalya Belek Beach Hotel (Stajyer)

### Yüksek Lisans Döneminde Yapılan Çalışmalar:

- Dilek Demir, Gizem S. Olcay, Güneş E., 2020. SELÇUKLU MUTFAĞINDA ZERDE. AŞÇI DEDE ATEŞBAZ-I VELİ, Konya Büyükşehir Belediyesi Kültür Yayınları: 418, ISBN: 978-605-389-0, (Editör: Eshabil YILDIZ, Yılmaz SEÇİM, Sercan ARAS, Seda YETİMOĞLU), Konya, Türkiye, Eylül 17-19, 254-268.
- Erçetin Hatice Kübra, Güneş Eda, Demir Dilek, (2020) Chapter 29 “Food Neophobia Level Against the Evaluation of Food Wastes of University Students”, Advances in Social Science Research, St. Kliment Ohridski University Press Sofia. 523-546. ISBN: 978-954-07-5048-4 (Editor: Viliyan KRYSTEV, Mihaela S. DINU, Recep EFE, Emin ATASOY).
- DİLEK DEMİR (2021). Togo ve Sierra Leone.YEMEK KÜLTÜRÜNE YOLCULUKTA BİZ DE VARIZ, Necmettin Erbakan Üniversitesi Yayınları: 72, ISBN: 978-605-70386-7-8, (Editör: Eda GÜNEŞ), Konya, Türkiye.