

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**BUĞDAY EMBRİYOSUNUN FARKLI SICAKLIKLARDA NEM SORPSİYON
İZOTERMLERİNİN BELİRLENMESİ VE OKSİDASYON ÖZELLİKLERİNİN
ARAŞTIRILMASI**

Andaç KOÇ

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

OCAK 2019

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**BUĞDAY EMBRİYOSUNUN FARKLI SICAKLIKLARDA NEM SORPSİYON
İZOTERMLERİNİN BELİRLENMESİ VE OKSİDASYON ÖZELLİKLERİNİN
ARAŞTIRILMASI**

Andaç KOÇ

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

OCAK 2019

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BUĞDAY EMBRİYOSUNUN FARKLI SICAKLIKLARDA NEM SORPSİYON
İZOTERMLERİNİN BELİRLENMESİ VE OKSİDASYON ÖZELLİKLERİNİN
ARAŞTIRILMASI**

**Andaç KOÇ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Bu tez Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi
tarafından FYL-2018-3303 nolu proje ile desteklenmiştir.**

OCAK 2019

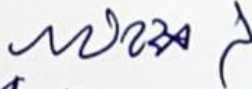
T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BUĞDAY EMBRİYOSUNUN FARKLI SICAKLIKLARDA NEM SORPSİYON
İZOTERMLERİNİN BELİRLENMESİ VE OKSİDASYON ÖZELLİKLERİNİN
ARAŞTIRILMASI**

Andaç KOÇ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 2 Ocak 2019 tarihinde jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Mustafa ERBAŞ



Prof. Dr. Erol AYRANCI



Dr. Öğr. Üyesi Sultan ARSLAN TONTUL



ÖZET

BUĞDAY EMBRİYOSUNUN FARKLI SICAKLIKLARDA NEM SORPSİYON İZOTERMLERİNİN BELİRLENMESİ VE OKSİDASYON ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Andaç KOÇ

Yüksek Lisans Tezi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mustafa ERBAŞ

Ocak 2019; 56 sayfa

Bu araştırmada, buğday embriyosunun, farklı sıcaklıklarda nem sorpsiyon izotermelerinin belirlenmesi ve oksidasyon özelliklerinin araştırılması amaçlanmıştır.

Buğday embriyosu, değirmenlerde un üretimi sırasında ayrılmakta ve genellikle hayvan yemi olarak kullanılmaktadır. Son yıllarda gelişen teknoloji ve beslenme bilinci sayesinde embriyonun toplum beslenmesinde kullanımı için de değerlendirilme araştırma ve çalışmaları başlamıştır. Bu kapsamda öncelikle bazı gıda formülasyonları içerisinde embriyo katkılanması yapılarak gıdaların bileşimi zenginleştirilebilirken yüksek yağ içeriği nedeniyle ürünlerin tat ve aromasında hızla istenmeyen değişimlere neden olabilmektedir.

Konu ile ilgili literatürde yapılmış olan çalışmalarda, daha çok çeşitli stabilizasyon yöntemleriyle embriyo enzimlerinin faaliyetlerinin kısıtlanmasıyla embriyoda meydana gelen acılaştırmanın engellenmesi amaçlanmış, embriyonun sorpsiyon izotermelerinin belirlendiği çalışmalarda ise sorpsiyon izotermi ile oksidasyon arasındaki ilişkinin araştırıldığı herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

Bu çalışma, buğday embriyosunun nem sorpsiyon izotermelerinin belirlenmesi ve bu şartlarda depolanarak oksidasyon özelliklerinin araştırılması olmak üzere iki aşamadan meydana gelmektedir. Birinci aşamada buğday embriyosu örneklerinin 15, 25 ve 35°C'de sorpsiyon izotermeleri belirlenmiş, elde edilen sorpsiyon verilerinin çeşitli sorpsiyon eşitliklerine uyumu araştırılmış ve buğday embriyosu örneklerinin tek tabaka nem içeriği belirlenmiştir.

Çalışmanın ikinci aşamasında ise; embriyolar kontrol örneği olarak doğal nem içeriğinde (14.39 g.su/100g kurumadde) ve belirlenmiş olan tek tabaka nem içeriğine (4.25 g.su/100g kurumadde) kurutulmuş olarak 2 farklı nem içeriğinde ve 2 farklı sıcaklıkta (4 ve 25°C) 28 gün boyunca depolanmış ve depolamanın 0., 7., 14., 21. ve 28. günlerinde örneklerde nem içeriği, su aktivitesi, pH değeri, titrasyon asitliği, serbest yağ asitliği, peroksit sayısı, iyot sayısı ve özgül soğurma değeri analizleri gerçekleştirilmiştir.

Yapılan analizler ve değerlendirmeler sonucunda buğday embriyosunun 15, 25 ve 35°C'deki sorpsiyon izotermelerinin Tip II olduğu, seçilmiş olan sorpsiyon eşitliklerinden buğday embriyosuna en iyi uyumu *Halsey* eşitliğinin sağladığı ve *BET* ve *GAB* eşitlikleri aracılığıyla buğday embriyosunun ortalama tek tabaka nem içeriğinin sırasıyla 4.10 ve 4.40 g.su/100g kurumadde olduğu tespit edilmiştir.

Depolama süresince tek tabaka nem içeriğinde depolanan örneklerin nem içeriğinin 4.55 değerinden 6.41 g.su/100g kurumadde değerine, su aktivitesi değerinin ise 0.24 değerinden 0.36 değerine yükseldiği tespit edilmiştir. Doğal nem içeriğinde depolanan örneklerin nem içeriği ve su aktivitesi değerlerinin ise depolama sürecinden etkilenmeyerek ortalama 14.39 g.su/100g kurumadde ve 0.68 olarak gerçekleştiği tespit edilmiştir. Titrasyon asitliği değerlerinin, tek tabaka nem içeriğinde ve 4°C'de depolanan örneklerde, doğal nem içeriğine sahip ve 25°C'de depolanan örneklere göre daha düşük olduğu ve pH değerinin ise değişmediği tespit edilmiştir. Depolama boyunca titrasyon asitliğinin %0.48'den %0.59'a yükseldiği buna bağlı olarak pH değerinin ise 6.55'den 6.48'e düştüğü tespit edilmiştir.

Depolama sırasında buğday embriyosunun; iyot sayısının, tek tabaka nem içeriğine sahip ve 4°C'de depolanan örneklerde, doğal nem içeriğinde ve 25°C'de depolanan örneklere göre daha yüksek olduğu ve depolama boyunca iyot sayısının 134.65'den 125.98'e düştüğü belirlenmiştir. Tek tabaka nem içeriğinde ve 4°C'de depolanan örneklerin serbest yağ asitliği, peroksit sayısı ve özgül soğurma değerlerinin doğal nem içeriğinde ve 25°C'de depolanan örneklere göre daha düşük olduğu ve depolama boyunca serbest yağ asitliğinin (% oleik asit) 2.56'dan 20.41 değerine, peroksit sayısının (O₂ mEq/ kg yağ) 1.87'den 8.63 değerine ve özgül soğurma değerinin (K₂₃₂) ise 0.37'den 0.84'e yükseldiği tespit edilmiştir.

Sonuç olarak buğday embriyosunun su buharı geçirimsiz bir şekilde paketlenildikten sonra tek tabaka nem içeriğinde (4.10-4.40 g.su/100g kurumadde) ve düşük sıcaklıkta depolanmasının oksidasyonu yavaşlatma yoluyla embriyoların acılaşmasını azaltmak ve raf ömrünü uzatmak için uygulanabilecek bir yöntem olduğu belirlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Adsorpsiyon, Buğday embriyosu, Oksidasyon, Sorpsiyon izotermi

JÜRİ: Prof. Dr. Mustafa ERBAŞ

Prof. Dr. Erol AYRANCI

Dr. Öğr. Üyesi Sultan ARSLAN TONTUL

ABSTRACT

DETERMINATION OF MOISTURE SORPTION ISOTHERMS OF WHEAT GERM IN DIFFERENT TEMPERATURES AND INVESTIGATION OF OXIDATION PROPERTIES

Andaç KOÇ

M.Sc. Thesis in, Department of Food Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Mustafa ERBAŞ

January 2019; 56 pages

The aim of this study was to determine the moisture sorption isotherms of wheat germ at different temperatures and investigate the oxidation properties.

Wheat germ is separated during flour production process and generally recognized as a source for animal feed. Due to the improvements in food technology and healthier food perception of society, many research are conducted in recent years to utilize wheat germ as a food source. The studies basically focus on enriching food products by addition of wheat germ into the formula but rapid rancidity of the germ, which has high oil content, causes a the major problem.

In literature review it was seen that, decreasing rancidity degree of wheat germ was generally achieved by limiting enzyme activities by various stabilization methods while there was no study about relations between sorption isotherms and oxidation properties of wheat germ.

The study contains two stages which are determining moisture sorption isotherms of wheat germ and investigation of oxidation properties in determined monolayer moisture content. In the first stage, the sorption isotherms of wheat germs at 15, 25 and 35°C were determined and adaption of obtained data to various sorption equations were investigated to determine the monolayer moisture content and the best fitting equations. In the second stage of the study, the samples were stored in 2 different moisture content (monolayer moisture content, 4.25 g water/ 100g dry matter and natural moisture content, 14.39 g water/ 100g dry matter) and in 2 different temperature values (4 °C and 25 °C) for 28 days and analysed in day 0, 7, 14, 21 and 28 for moisture content, water activity, pH value, titration acidity, free fatty acid content, peroxide value, iodine number and specific absorbance value.

The sorption isotherms of the wheat germ at 15, 25 and 35 °C were determined as Type II by the evaluation of obtained data. It was revealed that the *Halsey* equation is the most suited to the wheat germs among the studied sorption equation and the average monolayer moisture content (on g.moisture/100 g dry basis) of the wheat germ was determined as 4.10 and 4.40 by means of the *BET* and *GAB* equations and constants, respectively.

It was determined that the moisture content and water activity of the samples stored in the monolayer moisture content increased from 4.55 to 6.41 g.moisture/100g dry basis and from 0.24 to 0.36 during the storage, respectively. The moisture content and water activity of the samples stored in the natural moisture content were not affected by the storage process and it was noted as an average of 14.39 g.moisture/100g dry basis and 0.68, respectively. Titration acidity values were determined lower in monolayer moisture content in respect to storage moisture content and in 4 °C in respect to storage temperature while there was no change in pH value depending on storage moisture content and temperature. Titratable acidity of the wheat germs had increased from 0.48 to 0.59 and pH values decreased from 6.55 to 6.47 accordingly during storage.

Iodine number of samples stored at 4°C with monolayer moisture content were determined higher than the samples stored at 25°C with natural moisture content and it decreased from 134.65 to 125.98 during storage. Free fatty acid content, peroxide value and specific absorbance (K_{232}) value of wheat germ samples stored at 4°C with monolayer moisture content were determined lower than the samples stored at 25°C with natural moisture content. Free fatty acidity (oleic acid %), peroxide value (O₂ mEq/ kg oil) and specific absorbance value of samples increased during storage period from 2.56 to 20.41, 1.87 to 8.63 and 0.37 to 0.84, respectively.

As a result, storage of impermeably packaged wheat germ in low temperature and monolayer moisture content (4.10-4.40 g.moisture/100g dry basis) is an applicable method to decrease degree of rancidity and prolong shelf life.

KEYWORDS: Adsorption, Wheat germ, Oxidation, Sorption isotherms

COMMITTEE: Prof. Dr. Mustafa ERBAŞ

Prof. Dr. Erol AYRANCI

Assoc. Prof. Dr. Sultan ARSLAN TONTUL

ÖNSÖZ

Son yıllarda insanların iyi beslenme alışkanlıkları kazanma eğiliminde olmasıyla birlikte, besleyici değeri yüksek, zengin bir lipit, vitamin ve mineral kaynağı olan embriyo ön plana çıkmaya başlamıştır. Embriyonun yapısında bulunan aminoasit çeşitliliğinin hayvansal kaynaklarda bulunan aminoasit çeşitliliği kadar zengin olduğu yapılan çeşitli çalışmalarda bildirilmiştir. Yapısında bulunan lipitlerin hızlı bir şekilde okside olması sonucu acılaşıma ve ransit tat oluşması, embriyonun en büyük dezavantajıdır. Bu çalışmada buğday embriyosunun nem sorpsiyon özellikleri belirlenerek çeşitli sorpsiyon eşitlikleri ile tek tabaka nem içeriğinin belirlenmesi ve tek tabaka nem içeriğinde buğday embriyosunun depolanmasının oksidasyon üzerine etkilerinin araştırılması amaçlanmış olup, araştırma sonuçlarının buğday embriyosunun özelliklerini korumaya yardımcı olarak, embriyonun daha uzun süre acılaşıma ve ransit tat oluşmadan depolanmasına katkı sağlayacağı düşünülmüştür.

Bu araştırmanın planlanmasında ve gerçekleşmesinde bana destek olan danışman hocam Prof. Dr. Mustafa ERBAŞ'a, laboratuvar çalışmalarındaki destekleri nedeniyle Arş. Gör. Atike NUR DURAK, Arş. Gör. Ceren MUTLU, Arş. Gör. Dr. Elif AYKIN DİNÇER ve yüksek lisans öğrencileri Duygu Gizem BİLGİN ve Cansu YILMAZER'e ve ayrıca her zaman beni destekleyen aileme teşekkürlerimi sunarım.

Bu araştırmanın gerçekleşmesinde maddi olarak destek sağlayan Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ	v
AKADEMİK BEYAN	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK TARAMASI	3
2.1. Türkiye ve Dünyada Buğday Üretimi ve Kullanımı.....	3
2.2. Buğday	5
2.2.1. Buğdayın yapısı	5
2.2.2. Buğdayın bileşimi	6
2.3. Embriyo	8
2.3.1. Embriyonun yapısı ve bileşimi	8
2.3.2. Embriyonun kullanım alanları	12
2.4. Gıdalarda Bulunan Su.....	13
2.4.1. Su aktivitesi ve depolama arasındaki ilişki	14
2.5. Sorpsiyon İzotermi	15
2.5.1. Sorpsiyon izotermi ve su aktivitesi arasındaki ilişki	16
2.5.2. Sorpsiyon izoterm eşitlikleri	17
2.5.3. Sorpsiyon izotermi kullanım alanları	19
3. MATERYAL VE METOT	21
3.1. Materyal.....	21
3.2. Metot.....	21
3.2.1. Denemenin düzenlenmesi	21
3.2.2. Sorpsiyon izotermi belirlenmesi	21
3.2.3. Sorpsiyon eşitliklerinin çözümü.....	22
3.3. Deneysel Verilerin Hesap Edilen Verilere Uyumunun Araştırılması.....	23
3.4. Embriyo Yağı Ekstraksiyonu.....	23
3.4.1. Nem içeriği analizi	24

3.4.2. Su aktivitesi analizi	24
3.4.3. pH ve titrasyon asitliği analizi	24
3.4.4. Toplam lipit içeriği analizi.....	25
3.4.5. Serbest yağ asitliği analizi	25
3.4.6. Peroksit analizi.....	26
3.4.7. İyot sayısı analizi	26
3.4.8. Özgöl soğurma değer analizi	27
3.4.9. Yağ asidi profilinin belirlenmesi.....	27
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	28
4.1. Sorpsiyon İzotermlerine ait Bulgular.....	28
4.2. Elde Edilen Adsorpsiyon Verilerinin Sorpsiyon İzoterm Eşitliklerine Uygunluklarının Araştırılması	30
4.2.1. BET eşitliği	30
4.2.2. GAB eşitliği	31
4.2.3. Halsey eşitliği.....	33
4.2.4. Henderson eşitliği	34
4.3. Depolanmış Örnekler için Analiz Bulguları	36
4.3.1. Depolamaya alınan örneklerin özellikleri	36
4.3.2. Nem içeriği ve su aktivitesi analizine ait bulgular	36
4.3.3. pH ve titrasyon asitliği analizine ait bulgular	38
4.3.4. Serbest yağ asitliği analizine ait bulgular	40
4.3.5. Peroksit sayısı analizine ait bulgular.....	42
4.3.6. İyot sayısı analizine ait bulgular	44
4.3.7. Özgöl soğurma değer analizine ait bulgular	46
5. SONUÇLAR	48
6. KAYNAKLAR	50
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Buğday embriyosunun farklı sıcaklıklarda nem sorpsiyon izotermelerinin belirlenmesi ve oksidasyon özelliklerinin araştırılması” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

02/01/2019

Andaç KOÇ

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

kg	: Kilogram
g	: Gram
mg	: Miligram
cm	: Santimetre
mm	: Milimetre
mL	: Mililitre
mbar	: Milibar
ha	: Hektar
dk	: Dakika
nm	: Nanometre
a_w	: Su aktivitesi
m_0	: Tek tabaka nem içeriği
m_m	: Çoklu tabaka nem içeriği
m_k	: Doğal nem içeriği (Kontrol)
M	: Kurumadde üzerinden nem içeriği
rpm	: Dakika devir sayısı
C, k_b , A, B, n	: Sorpsiyon eşitliklerine ait sabitler
N	: Normalite
mEq	: Miliequivalent
R^2	: Regresyon katsayısı
ln	: Doğal logaritma

Kısaltmalar

FAO	: Food and Agriculture Organization (Gıda ve Tarım Örgütü)
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
SSL	: Sodyum Stearol-2 Laktilat
BET	: Brunauer-Emmet-Teller
GAB	: Gungenheim-Anderson-de Boer
UV	: Ultraviole
AACC	: American Association of Cereal Chemists
VK	: Varyasyon kaynağı
SD	: Standart sapma
KO	: Kareler ortalaması
F	: İstatistiksel F değeri

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Buğday tanesinin anatomik yapısı	6
Şekil 2.2. Su aktivitesi ve lipit oksidasyon hızı arasındaki ilişki.....	15
Şekil 2.3. Sorpsiyon izoterm tipleri	16
Şekil 2.4. Adsorpsiyon ve desorpsiyon izotermi	17
Şekil 4.1. Buğday embriyosunun farklı sıcaklıklardaki adsorpsiyon izoterm grafikleri.....	28
Şekil 4.2. BET eşitliğinin çözümü için kullanılan doğrular.....	30
Şekil 4.3. GAB eşitliğinin çözümü için kullanılan polinom grafikleri	31
Şekil 4.4. GAB eşitliği ile hesap edilen nem içeriklerine ait farklı sıcaklıklardaki adsorpsiyon izotermi.....	32
Şekil 4.5. Halsey eşitliğinin çözümü için kullanılan doğrular	33
Şekil 4.6. Halsey eşitliği hesap edilen nem içeriklerine ait ile farklı sıcaklıklardaki adsorpsiyon izotermi.....	34
Şekil 4.7. Henderson eşitliğinin çözümü için kullanılan doğrular.....	34
Şekil 4.8. Depolama sürecinde peroksit sayısı değişimi.....	44

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Dünya buğday üretim miktarları.....	4
Çizelge 2.2. Son 10 yılda Türkiye buğday ekim alanı, üretimi ve verimi	4
Çizelge 2.3. Son 10 yılda Türkiye'nin buğday tüketimi, stok durumu ve yeterlilik derecesi.....	5
Çizelge 2.4. Buğday kısımlarının kimyasal bileşimi	7
Çizelge 2.5. Buğday tanesinin farklı fizyolojik bölümlerinin yağ asidi kompozisyonu	8
Çizelge 2.6. Buğday embriyosunun bileşimi	9
Çizelge 2.7. Embriyonun aminoasit dağılımı	10
Çizelge 2.8. Embriyonun mineral ve vitamin dağılımı.....	11
Çizelge 2.9. Buğday embriyo yağının yağ asidi kompozisyonu.....	12
Çizelge 4.1. Buğday embriyosunun farklı su aktivitesi ve sıcaklık ortamlarındaki I. ve II. tekerrür nem içerikleri	28
Çizelge 4.2. Farklı sorpsiyon izoterm eşitliklerine ait sabitler, regresyon kat sayıları ve bağıl hata değerleri	35
Çizelge 4.3. Buğday embriyosunun temel yağ asidi profili.....	36
Çizelge 4.4. Farklı başlangıç nem içeriği, depolama sıcaklığı ve depolama süresinde buğday embriyolarının nem içeriği ve su aktivitesi değerlerine ait I. ve II. tekerrür verileri.....	37
Çizelge 4.5. Farklı başlangıç nem içeriği, depolama sıcaklığı ve depolama süresinde buğday embriyolarının nem içeriği ve su aktivitesi değerlerine ait varyans analiz sonuçları	37
Çizelge 4.6. Farklı başlangıç nem içeriği, depolama sıcaklığı ve depolama süresinde buğday embriyolarının nem içeriği ve su aktivitesi değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	38
Çizelge 4.7. Farklı başlangıç nem içeriği, depolama sıcaklığı ve depolama süresinde buğday embriyolarının pH ve titrasyon asitliği değerlerine ait I. ve II. tekerrür verileri.....	39
Çizelge 4.8. Farklı başlangıç nem içeriği, depolama sıcaklığı ve depolama süresinde buğday embriyolarının pH ve titrasyon asitliği değerlerine ait varyans analizi sonuçları	39
Çizelge 4.9. Farklı başlangıç nem içeriği, depolama sıcaklığı ve depolama süresinde buğday embriyolarının pH ve titrasyon asitliği değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	39

Çizelge 4.10. Farklı başlangıç nem içeriği, depolama sıcaklığı ve depolama süresinde buğday embriyolarının serbest yağ asitliği değerlerine ait I. ve II. tekerrür verileri.....	41
Çizelge 4.11. Farklı başlangıç nem içeriği, depolama sıcaklığı ve depolama süresinde buğday embriyolarının serbest yağ asitliği değerlerine ait varyans analizi sonuçları	41
Çizelge 4.12. Farklı başlangıç nem içeriği, depolama sıcaklığı ve depolama süresinde buğday embriyolarının serbest yağ asitliği değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	41
Çizelge 4.13. Farklı başlangıç nem içeriği, depolama sıcaklığı ve depolama süresinde buğday embriyolarının peroksit sayısı değerlerine ait I. ve II. tekerrür verileri	43
Çizelge 4.14. Farklı başlangıç nem içeriği, depolama sıcaklığı ve depolama süresinde buğday embriyolarının peroksit sayısı değerlerine ait varyans analizi sonuçları	43
Çizelge 4.15. Farklı başlangıç nem içeriği, depolama sıcaklığı ve depolama süresinde buğday embriyolarının peroksit sayısı değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	43
Çizelge 4.16. Farklı başlangıç nem içeriği, depolama sıcaklığı ve depolama süresinde buğday embriyolarının iyot sayısı değerlerine ait I. ve II. tekerrür verileri	45
Çizelge 4.17. Farklı başlangıç nem içeriği, depolama sıcaklığı ve depolama süresinde buğday embriyolarının iyot sayısı değerlerine ait varyans analizi sonuçları	45
Çizelge 4.18. Farklı başlangıç nem içeriği, depolama sıcaklığı ve depolama süresinde buğday embriyolarının iyot sayısı değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	45
Çizelge 4.19. Farklı başlangıç nem içeriği, depolama sıcaklığı ve depolama süresinde buğday embriyolarının özgül soğurma değerlerine ait 1. ve 2. tekerrür verileri	47
Çizelge 4.20. Farklı başlangıç nem içeriği, depolama sıcaklığı ve depolama süresinde buğday embriyolarının özgül soğurma değerlerine ait varyans analizi sonuçları	47
Çizelge 4.21. Farklı başlangıç nem içeriği, depolama sıcaklığı ve depolama süresinde buğday embriyolarının özgül soğurma değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	47

1. GİRİŞ

Tahıllar, çok uzun yıllardan beri, kolayca işlenebilmesi ve uzun süre besleyici özelliklerini koruyarak depolanabilmesi gibi özellikleri nedeniyle insanlar için vazgeçilmez bir besin kaynağı olmuştur. Günümüzde, günlük diyetle alınan enerjinin yaklaşık %30'u tahıllardan sağlanmaktadır.

Tahıl, *Poaceae* (*Gramineae*) familyası üyesi bitkilerin yenilebilir tanelerinin genel adı olarak tanımlanmaktadır. *Poaceae* familyasının başlıca üyeleri; buğday, mısır, çeltik, arpa, çavdar, yulaf, darı ve sorgum gibi bitkilerdir (Elgün ve Ertugay 2011; Ejike vd. 2013). Buğday; fiyatının ucuz olması, işlenebilirliğinin kolay olması, tane olarak yeniden kullanılabilmesi, yüksek karbonhidrat içeriği ve yapısında bulunan glutenin işenebilirlik özellikleri sayesinde en önemli tahıllardan birisi haline gelmiştir.

Buğday tanesi genel olarak kabuk (kepek), endosperm (yedek besin deposu) ve embriyo (ruşeym) olmak üzere 3 bölümden oluşmaktadır. Buğdayın değirmenlerde işlenmesiyle son ürün çeşitliliği oldukça fazla olan un elde edilmektedir. Kepek ve embriyo kısmı ise unun çeşitli teknolojik ve duyu özelliklerini bozduğu gerekçesiyle undan ayrılmaktadır.

Standart değirmenlerde 1 ton buğdayın işlenmesi sonucunda yalnızca 1 kg embriyo elde edilebilmesine karşın özel donanımlarla daha yüksek miktarda elde edilebilmektedir. Embriyo, E ve B vitamini, doymamış yağ asitleri, protein, diyet lif ve mineraller bakımından oldukça zengin bir kaynaktır. Son yıllarda insanların iyi beslenme alışkanlıkları kazanma eğiliminde olmasıyla birlikte, besleyici değeri yüksek olan embriyo ön plana çıkmaya başlamıştır. İnsanların günlük diyetle alması gereken E ve B vitamini ihtiyacı, embriyo ile karşılanabilmektedir. Ayrıca embriyonun yapısındaki proteinlerin içerdiği aminoasit çeşitliliğinin hayvansal kaynaklarda bulunan aminoasit çeşitliliği kadar zengin olduğu bildirilmiştir. Embriyonun yapısında bulunan lipitlerin hızla acılaşması embriyo tüketimini zorlaştıran en önemli faktör olarak bilinmektedir (Boukid vd. 2018).

Embriyo gibi lipit içeriği yüksek olan gıdalarda ilk meydana gelen acılaşma ve ransit tat oluşumu enzim faaliyetleri sonucunda gerçekleşmektedir. Enzim inaktivasyonu ve çeşitli mikrobiyal bozulmaları engellemek için en sık kullanılan yöntem, gıdaların kurutulmasıdır. Gıdaların kurutulması nem içeriğinin düşürülmesidir. Gıdaların kurutulması muhafaza edilmesinde içerdiği su miktarından çok su aktivitesi önemlidir. Gıdalar buldukları ortamın bağıl nem içeriğine göre ortamdaki su buharı alarak ya da ortama su buharı vererek nem içeriğini dengeleme eğilimindedir. Oluşan dinamik denge anında gıdanın sahip olduğu neme, denge bağıl nemi denir (Saldamlı 2017, Erbaş vd. 2016a, Aykın vd. 2015).

Su aktivitesi ile gıdanın denge bağıl nemi arasındaki ilişkiyi açıklamak için nem sorpsiyon izotermi ve eşitlikleri kullanılmaktadır. Nem sorpsiyon izotermi ve eşitlikleri sayesinde gıdalarda tek tabaka nem içeriği hesaplanabilmektedir. Gıdalarda bulunan aktif uçların yalnızca tek bir sıra halinde su moleküle ile kaplandığı andaki nem içeriği tek tabaka nem içeriği olarak tanımlanmaktadır. Tek tabaka nem içeriği gıdaların fiziksel ve kimyasal kararlılığının bir göstergesidir. Tek tabaka nem içeriğinde lipit oksidasyonu en düşük düzeyde gerçekleşmekte ve oksidasyon sonucunda meydana gelen acılaşma ve ransit tat oluşumu yavaşlamaktadır (Bell ve Labuza 2000).

Bu amaçla; çalışma buğday embriyosunun sorpsiyon izotermelerinin belirlenmesi ve depolanması şeklinde iki aşamalı olarak gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada buğday embriyosu örneklerinin 15, 25 ve 35°C’de sorpsiyon izotermeleri belirlenmiş, elde edilen sorpsiyon verilerinin çeşitli sorpsiyon eşitliklerine uyumu araştırılmış ve buğday embriyosu örneklerinin tek tabaka nem içeriği belirlenmiştir.

Çalışmanın ikinci aşamasında ise; embriyolar doğal nem içeriğinde (14.39 g.su/100g kurumadde) ve belirlenmiş olan tek tabaka nem içeriğine (4.25 g.su/100g kurumadde) kurutulmuş olarak 2 farklı su içeriğinde ve 2 farklı sıcaklıkta (4 ve 25°C) 28 gün boyunca depolanmış ve depolamanın 0., 7., 14., 21. ve 28. günlerinde örneklerde su içeriği, su aktivitesi, pH değeri, titrasyon asitliği, serbest yağ asitliği, peroksit sayısı, iyot sayısı ve özgül soğurma değeri analizleri gerçekleştirilmiştir.

2. KAYNAK TARAMASI

İnsanlar için gerekli olan gıda maddeleri bitkisel ve hayvansal kaynaklardan temin edilmektedir. Bitkisel kaynaklı gıdalar, hayvansal olanlara göre yetiştirilmeleri, hasat edilmeleri, taşınmaları, depolanmaları ve işlenmeleri daha kolay ve ucuz olmalarından dolayı daha yüksek miktarda tüketilmektedir. Tahıl ise bitkisel gıda maddeleri içinde günlük gıda diyetinin önemli bir kısmını oluşturması sebebi ile temel bir gıda maddesidir.

Tahılların uzun süre bozulmadan depolanabilmeleri ve sonrasında yeni ürünlerin üretilmesi için kullanılabilmesi en önemli avantajlarından birisidir. Diğer ana tarım ürünlerine kıyasla yüksek miktarda kalori içermesi ve düşük enerji harcaması ile ürüne işlenmesi sebebi ile uzun yıllardır kullanılmakta olup, yaklaşık 10000 yıldır insan diyetinin önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Tahıl (*Cereal*) isminin eski Roma ve Yunan tanrıçası olan Ceres'den geldiği tahmin edilmektedir (Serna Saldívar 2016).

Tahıl, *Poaceae* (*Gramineae*) familyası üyesi bitkilerin yenilebilir tanelerinin genel adı olarak tanımlanmaktadır. *Poaceae* familyasının başlıca üyeleri; buğday, mısır, çeltik, arpa, çavdar, yulaf, darı ve sorgum gibi bitkilerdir (Elgün ve Ertugay 2011; Ejike vd. 2013).

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin tarım ve gıda sanayinde, tahıl üretimi ve işlenmesi oldukça önemli bir rol oynamaktadır. Dünyada çalışan nüfusun yaklaşık %45.2'si tarımla ilgili faaliyetlerde çalışmakta ve bunun içerisinde tahılların tarımı ve işlenmesi en yüksek payı oluşturmaktadır. Örneğin Asya ülkelerinde çeltik, Afrika ülkelerinde sorgum, Avrupa ülkelerinde ise buğday, çavdar ve arpa üretimi ön plana çıkmaktadır. Diğer tahıl ürünlerinin de işlenmesi ve kullanılması son yıllarda artmaya başlamıştır. Tam tahıl çeşitleri arasında ise buğday ayrı bir yer tutmaktadır (Serna Saldívar 2016; Kowieska 2011).

Buğdayın oldukça yüksek çeşitlilikte ürüne işlenebilmesi, bileşimindeki teknolojik özelliği yüksek olan gluten proteininden kaynaklanmaktadır (Serna Saldívar 2016; Ejike vd. 2013).

2.1. Türkiye ve Dünyada Buğday Üretimi ve Kullanımı

Buğday, çok uzun yıllardan bu yana insan diyetinin en önemli enerji kaynağı olmuştur. Fiyatının diğer tahıllara göre daha uygun olması, besleyici değerinin yüksek olması ve son ürün olarak çok çeşitli şekilde değerlendirilebilmesi buğdayı öne çıkaran özellikleridir. Dünyada artan nüfus sonucunda beslenmeye olan ihtiyaçta hızla artmaktadır. FAO'nun tahminlerine göre, 2050 yılında Dünya'da buğday ihtiyacı 840 milyon ton seviyesinde olacaktır. Dünya genelindeki son 10 yıla ait buğday üretimi Çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Dünya buğday üretim miktarları (Anonim 2018b)

Ülkeler	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
AB	151.5	139.3	137.5	138.1	132.6	143.2	156.1	159.6	144.2	151.2
Çin	112.5	115.1	115.2	117.4	120.8	121.9	126.2	130.2	128.9	129.8
Hindistan	78.6	80.7	80.8	86.9	94.6	93.5	95.9	86.5	86.0	98.5
Rusya	63.8	61.7	41.5	56.2	37.7	52.1	59.1	61.0	72.5	84.9
ABD	68.4	60.1	58.9	54.2	61.3	58.1	55.1	56.1	62.8	47.4
Kanada	28.6	26.8	23.3	25.3	27.2	37.5	29.4	27.6	31.7	30.0
Ukrayna	25.9	20.9	16.8	22.3	15.8	22.3	24.7	27.3	26.8	27.0
Pakistan	21.0	24.0	23.9	24.2	23.3	24.2	26.0	25.5	25.6	26.5
Türkiye	17.8	20.6	19.7	21.8	20.1	22.1	19.0	22.6	20.6	21.5
Avustralya	21.4	21.8	27.4	29.9	22.9	25.3	23.7	22.3	34.4	21.2
Arjantin	8.4	9.0	15.9	14.5	8.0	9.2	13.9	11.3	18.4	18.5
Kazakistan	12.5	17.1	9.6	22.7	9.8	13.9	13.0	13.7	15.0	14.8
Diğer	76.4	85.4	83.9	86.3	83.1	83.2	87.8	93.5	87.2	86.4
Dünya	687	683	654	700	658	717	730	737	754	758

* Veriler milyon ton olarak verilmiştir.

Türkiye, dünyadaki buğday ekim alanlarının yaklaşık olarak %3.5'ine sahiptir. Ülkemizde tahıl tarımının yapıldığı 11.1 milyon hektar alanın içerisinde buğday, yaklaşık %70'lik oran ile ilk sıradadır. Ülkemizin son 10 yıldaki buğday ekim alanı, üretim miktarı ve verimi Çizelge 2.2'de verilmiştir (Anonim 2018a). Ülkemizde 2017 yılında üretilen buğdayın yaklaşık %80-85'i ekmeklik, %10-15'lik kısmı ise makarnalık buğday olarak üretilmiştir (Anonim 2018a).

Çizelge 2.2. Son 10 yılda Türkiye buğday ekim alanı, üretimi ve verimi (Anonim 2018b, 2018c)

Yıllar	Ekim alanı (milyon ha)	Üretim miktarı (milyon ton)	Verim (kg/ha)
2008	8.1	17.8	2.345
2009	8.1	20.6	2.566
2010	8.1	19.7	2.440
2011	8.1	21.8	2.704
2012	7.5	20.1	2.672
2013	7.8	22.2	2.845
2014	7.9	19.0	2.429
2015	7.9	22.6	2.872
2016	7.7	20.6	2.710
2017	7.7	21.5	2.800

Türkiye’de 2017 yılında üretilen 21.5 milyon ton buğday temizlendikten sonra 14.49 milyon tonu gıda olarak, 1.38 milyon tonu tohumluk olarak ve 2.31 milyon tonu ise yem olarak kullanılmıştır (Çizelge 2.3). 2017 yılında kişi başı buğday tüketimi ise 182 kg olarak gerçekleşmiştir (Anonim 2018a).

Çizelge 2.3. Son 10 yılda Türkiye’nin buğday tüketimi, stok durumu ve yeterlilik derecesi (Anonim 2018a, 2018b)

Piyasa yılı	Yurtiçi kullanım	Gıda	Tohumluk kullanım	Yemlik kullanım	Kayıplar	Stok değişimi	Yeterlilik derecesi (%)
2007/08	16.9	14.6	1.6	0.3	0.5	0.1	96.6
2008/09	17.8	15.5	1.6	0.4	0.5	0.3	94.6
2009/10	17.0	14.5	1.6	0.4	0.6	1.0	114.8
2010/11	18.2	15.8	1.6	0.4	0.6	1.3	102.2
2011/12	19.6	17.1	1.5	0.5	0.6	0.2	105.1
2012/13	19.4	17.0	1.4	0.4	0.6	-0.1	98.0
2013/14	20.5	16.3	1.4	2.1	0.6	-0.1	102.0
2014/15	20.1	15.6	1.4	2.6	0.5	-0.7	89.2
2015/16	18.8	14.4	1.4	2.4	0.6	0.8	113.6
2016/17	18.8	14.5	1.4	2.3	0.5	-1.2	103.8

*Veriler milyon ton olarak verilmiştir.

2.2. Buğday

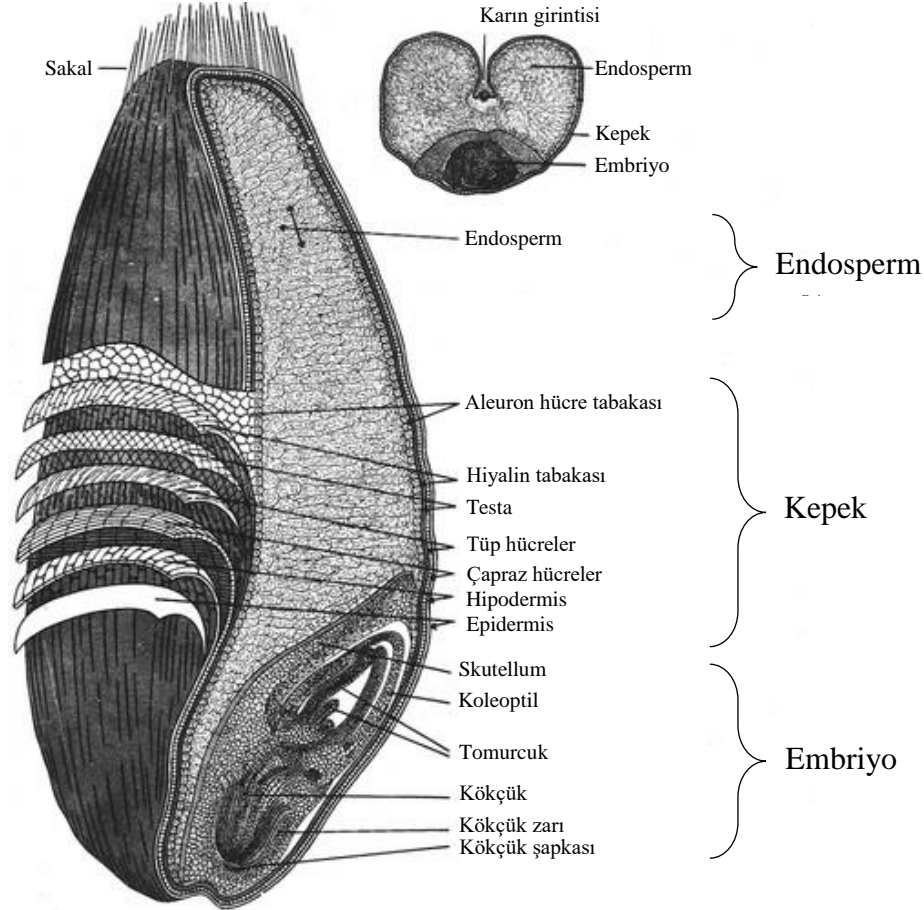
Dünyada yıllık olarak 750 milyon ton üretim oranına sahip olan buğday; mısır ve pirinç ile birlikte en çok üretilen 3 tahıldan birisidir. Dünya genelinde üretilen buğday genellikle olduğu gibi veya un ve irmik gibi ara ürünlere işlendikten sonra ekmek, makarna, kurabiye ve kraker gibi gıdaların imalatında kullanılmaktadır. Ülkelere ve tüketim alışkanlıklarına bağlı olarak değişmekle birlikte, buğdayın toplum beslenmesindeki payı %20-80 arasında değişmektedir (Shurpalekar ve Rao 1977; Shewry 2009; Elgün ve Ertugay 2011; Anonim 2018b).

2.2.1. Buğdayın yapısı

Buğday tanesi oval, yuvarlak ya da dar uzun gibi şekillerde olup, orta kısımda taneyi uzunlamasına ikiye bölen bir karın girintisi bulunmaktadır. Buğday tanesinin karın girintisinin derin olması durumunda kenarlar birbirine yaklaşmakta ve karı girintisinde fazla miktarda toz kalabilmektedir. Bu durum ise tanenin öğütülmesini zorlaştırmakta ve son ürünün mikrobiyal yükünü arttırmaktadır. Tanenin karın girintisinin ters yönünde bir ucunda embriyo, diğer ucunda ise sakal bulunmaktadır.

Buğday tanesi ortalama; 2.5-3.0 mm kalınlığında, 3.0-3.5 mm genişliğinde, 6.0-10.0 mm uzunluğunda ve 30.0-55.0 mg ağırlığındadır. Tanenin rengi ise açık sarıdan kırmızı-kahve tonlarına kadar farklı bir dağılım göstermektedir (Delcour ve Hosney 2010; Arendt ve Zannini 2013).

Buğday tanesi temel olarak kabuk (kepek), endosperm (yedek besin deposu) ve embriyo (rüşeym) olmak üzere 3 bölümden oluşmaktadır (Şekil 2.1). Tanenin %13-15 kadarını kepek, %83-85 kadarını endosperm ve %2-4 kadarını ise tanenin çimlenerek yeni bitkiyi oluşturduğu bölgesi olan ve rüşeym olarak da adlandırılan embriyo kısmı oluşturmaktadır (Shurpalekar ve Rao 1977; Elgün ve Ertugay 2011).



Şekil 2.1. Buğday tanesinin anatomik yapısı (Delcour ve Hosenev 2010)

2.2.2. Buğdayın bileşimi

Buğday tanesinin bileşimi çeşit özellikleri, yetiştirilme şartları ve depolamaya göre farklılıklar gösterebilmekle birlikte; %60-70 karbonhidrat, %10-15 protein, %5-15 nem, %1-3 lipit, %1-2 mineral madde ve iz miktarda vitaminlerden oluşmaktadır (Elgün ve Ertugay 2011; Güven ve Kara 2013)

Buğday tanesinin kabuk kısmı; lif, mineral ve vitamin bakımından, endosperm kısmı karbonhidrat ve protein bakımından ve embriyo kısmı ise lipit, vitamin ve mineral bakımından zengin bir içeriğe sahiptir (Çizelge 2.4).

Çizelge 2.4. Buğday kısımlarının kimyasal bileşimi (Fraser ve Holmes 1959; Kumar vd. 2011, Belitz ve Grosch 2011)

Bileşen (%)	Endosperm	Kepek	Embriyo
Nem	14.0	13.2	11.7
Protein	9.6	14.4	28.5
Lipit	1.4	4.7	10.4
Toplam mineral	0.7	6.3	4.5
Toplam karbonhidrat	74.1	60.8	44.5
Hemiselüloz	2.4	43.1	15.3
Selüloz	0.3	35.2	16.8
Nişasta	95.8	14.1	31.5
Şekerler	1.5	7.6	36.4

Buğday tanesinin canlılığını sürdürebilmesi ve uzun süre depolanabilmesi için sahip olduğu nem içeriği oldukça önemlidir. Tanenin canlılığını devam ettirebilmesi için en az %7, iyi ve uzun süreli bir depolama için ise en fazla %14 nem içermesi istenmektedir. Tane nem içeriğinin daha yüksek olması durumunda ise tanede kızılaşma, küflenme, çimlenme yeteneği kaybı gibi durumlar meydana gelmektedir (Dizlek 2012, Erbaş vd. 2013).

Tahılların içerdiği karbonhidratların yaklaşık %70'i, glikozun düz ve dallanmış polimerlerinden oluşan amiloz ve amilopektinin oluşturduğu nişastadan meydana gelmektedir (Balderok vd. 2010).

Yaklaşık %85'i glutenden oluşan buğday proteinleri, lisince fakir olmakla birlikte tüm aminoasitleri içermesi nedeniyle toplumların beslenmesinde en önemli protein kaynaklarından birisidir. Buğday proteinleri tanede tüm dokulara dağılmış olmakla birlikte, esansiyel aminoasitlerce zengin proteinler daha çok aleuron tabakasında yoğunlaşmıştır (Sramkova vd. 2009; Shewry 2009; Elgün ve Ertugay 2011; Arendt ve Zannini 2011).

Buğday lipitleri çeşitli polaritelerde olup tanenin ağırlıkça yaklaşık %2.5 ila %3.5'ini oluşturmaktadır. Fakat bu lipit içeriği tanede homojen olarak dağılmamış olup %80'i endospermde bulunmaktadır (Brier ve Delcour 2017).

Yaklaşık %95'i trigliseritlerden oluşan buğday lipitlerinin çoğunluğu endospermde bulunmakla birlikte, kütlece dağılım dikkate alındığında lipitlerin en yoğun olarak bulunduğu buğday kısmı embriyodur (Serna Saldivar 2016).

Çizelge 2.5. Buğday tanesinin farklı fizyolojik bölümlerinin yağ asidi kompozisyonu (%) (Morison vd. 1980)

	Palmitik asit	Stearik asit	Oleik asit	Linoleik asit	Linolenik asit
Tam tane	17-24	1-2	8-21	55-60	3-5
Kepek	18-28	1-4	17-24	41-58	1-6
Embriyo	18-24	<2	8-18	54-57	4-9
Unsu endosperm	16-21	<2	12-13	60-66	4-5
Unsu olmayan endosperm	35-54	<2	7-14	44-52	1-4

Buğdayın uygun şartlarda depolanmaması durumunda, çimlenme ya da solunum gibi metabolik faaliyetlerle trigliseritler lipaz enzimi aktivitesi sonucunda gliserol ve serbest yağ asitlerine parçalanmaktadır. Bunun sonucunda oluşan serbest yağ asitleri hızla okside olarak üründe ransit tat oluşumu ya da istenmeyen kokuların meydana gelmesi gibi durumlara yol açmaktadır (Serna Saldivar 2016, Brier and Delcour 2017).

Buğday tanesinde bulunan mineraller de taneye eşit olarak dağılmamış, kepek ve embriyo kısımlarında yoğunlaşmıştır (Cubadda vd. 2009).

2.3. Embriyo

Değirmencilik sektöründe buğdayın işlenmesi sırasında taneden ayrılan embriyo, yapısında bulunan proteinler, doymamış yağ asitleri, mineraller, B ve E vitaminleri, diyet lif ve flavonoidler sayesinde insan sağlığı üzerine olumlu etkileri bulunan, tanenin besleyici değeri en yüksek kısmını oluşturmaktadır. Embriyo, her ne kadar tane ağırlığının yaklaşık %2 kadarını oluştursa da standart un öğütme sisteminden ayrılmak istendiğinde 1 ton buğdayın işlenmesinden ancak 1 kg kadar elde edilebilmektedir. (Niu vd. 2013; Boukid vd. 2018).

Çoğunlukla hayvan yemi olarak kullanılmakta olan embriyo, son yıllarda gelişen teknoloji ve beslenme bilgisi sayesinde insan kullanımını içinde değerlendirilme araştırmaları ve çalışmaları başlamıştır. Bu kapsamda öncelikle bazı gıdaların içerisine embriyo katkıları gıda zenginleştirme çalışmaları yapılmaktadır (Boukid vd. 2018).

2.3.1. Embriyonun yapısı ve bileşimi

Buğday embriyosu skutellum ve embriyonik eksen olmak üzere 2 temel kısımdan meydana gelmektedir. Embriyonik eksen, embriyonun ortasında bulunan ve tanenin filizlenmesi esnasında kök ve yaprak oluşumundan sorumlu olan kısım iken, skutellum ise embriyonik eksenini tamamen sararak endosperme bağlayan kısımdır (Shurpalekar ve Rao 1977).

Buğday embriyosunun bileşimi, tanenin işlenme şekline göre değişiklik gösterebilmekte ve bazen skutellum bölümünü kaybetmiş olarak elde edilebilmektedir. (Brandolini ve Hidalgo 2012). Embriyo temel olarak; %6-10 nem, %45-50 karbonhidrat, %25-30 protein, %9-12 lipit ve %2-4 külden oluşmaktadır (Çizelge 2.6).

Çizelge 2.6. Buğday embriyosunun bileşimi (%)

Bileşen	Shurpalekar ve Rao (1977)	Boukid vd. (2018)
Nem	12.6	6.7
Karbonhidrat	41.1	51.3
Protein	29.8	28.1
Lipit	10.6	9.5
Mineral	4.7	4.4

Embriyoda bulunan karbonhidratlar temel olarak; şeker, nişasta ve diyet liften meydana gelmektedir. Embriyodaki karbonhidratların %25-30 kadarını oluşturan diyet liflerin büyük bir çoğunluğu (>%80) kanda kolesterol düzeyinin kontrol edilmesine yardımcı olma gibi sağlık etkileri de bulunan suda çözünen diyet liflerden oluşmaktadır (Marti vd. 2014).

Buğday embriyosunun, içerdiği protein ve aminoasitler hayvansal proteinlerle yaklaşık aynı biyolojik kaliteyi taşımaktadır. Embriyo proteinlerinin %34.5'i albümin, %15.6'sı globülin, %10.6'sı glütenin ve %4.6'sı prolaminde oluşmaktadır (Boukid vd. 2018).

Embriyonun diğer tahıllarda eksik olduğu bilinen lizin, metiyonin ve threonin gibi esansiyel aminoasitlerce zengin olduğu ve miktarlarının yumurta ve süt gibi hayvansal gıdalarla aynı düzeyde olduğu bildirilmiştir (Ge vd. 2000). Embriyonun aminoasit dağılımı Çizelge 2.7'de verilmiştir.

Çizelge 2.7. Embriyonun aminoasit dağılımı (%)

Aminoasitler	Shurpalekar ve Rao (1977)	Zhu vd. (2010)	Niu vd. (2011)
Lisin	7.76	4.96	7.15
Histidin	2.65	2.12	3.43
Arjinin	8.86	6.82	10.09
Aspartik asit	10.21	5.31	8.88
Threonin	4.82	2.58	4.17
Serin	4.62	3.30	5.12
Glutamik asit	15.45	10.39	15.62
Prolin	4.37	2.98	3.19
Glisin	6.54	4.67	6.37
Alanin	7.00	4.21	6.33
Sistein	0.66	0.42	0.44
Valin	5.65	4.45	6.51
Metiyonin	1.88	1.62	2.06
İzolösin	3.91	2.92	4.43
Lösin	6.79	5.38	7.93
Tirozin	3.12	2.07	3.30
Fenilalanin	4.07	3.23	4.99

Buğday embriyosu mineral olarak da zengin bir kaynak olup, bir araştırmada embriyonun yüksek oranda potasyum (1124 mg/kg), fosfor (1070 mg/kg), magnezyum (268 mg/kg) ve sodyum (242 mg/kg) içerdiği ve mineral içeriği ve dağılımının; buğday çeşidi, hasat zamanı, toprak, gübre kullanımı ve hava şartlarından etkilendiği bildirilmiştir (Kan 2012).

Embriyonun yapısında bulunan önemli minör bileşenlerden birisi de vitaminlerdir. Buğday embriyosunun; E vitamini, tiamin, riboflavin ve pridoksin açısından zengin olduğu ve tüm tane tiaminin %60 kadarının embriyoda bulunduğu rapor edilmiştir (Shurpalekar ve Rao 1977).

Buğday embriyosu lipitleri, yaklaşık 3,31 mg/g miktarında tokoferol içermekte ve bunun büyük çoğunluğunu α -tokoferol ve β -tokoferol oluşturmaktadır (Zou vd. 2018). γ -tokoferol ve δ -tokoferol ise embriyo lipitleri içerisinde oldukça iz miktarda bulunmakta ve çoğu analiz sırasında tespit dahi edilememektedir (Barnes 1984).

Çizelge 2.8. Embriyonun mineral ve vitamin dağılımı (Boukid vd. 2018)

Mineraller (mg/100g)		Vitaminler (mg /100g)	
Potasyum	1046.0	E vitamini	11.00
Fosfor	1000.0	Tiamin (B ₁)	1.45
Magnezyum	259.0	Riboflavin (B ₂)	0.61
Kalsiyum	41.0	Niasin (B ₃)	5.80
Mangan	18.0	Pantoteik asit (B ₅)	1.20
Çinko	17.8	Pridoksin (B ₆)	1.42
Sodyum	5.5		
Demir	5.0		
Bakır	1.1		

Buğday tanesi yaklaşık %1-3 lipit içermekte olup bu lipitlerin %10-12'si embriyoda bulunmaktadır. Embriyo yağını ekstrakte etmek için bilinen ekstraksiyon yöntemleri kullanılmakla birlikte en yaygın olanları mekanik presleme ve solvent ekstraksiyonu yöntemleridir. Ticari olarak üretilen buğday embriyosu yağlarında herhangi bir kimyasal kullanılmaması ve daha doğal olacağı düşüncesi ile mekanik presleme tercih edilse de solvent ekstraksiyonu ile embriyo yağının %90 kadarı, mekanik presleme ile ise ancak %50 kadarı ekstrakte edilebilmektedir (Kan 2012; Özcan vd. 2013).

Embriyo yağı genellikle koyu renkli olup, keskin bir koku ve tada sahiptir. Embriyo yağının iyot sayısının 120-130, serbest yağ asitliğinin %6 (%oleik asit), sabunlaşma sayısının 185 mg.KOH/g ve 20°C'deki refraktif indeks değerinin 1.48 ve özgül ağırlığının 0.92 g/ml olduğu bildirilmiştir (Barnes 1984).

Embriyoda bulunan apolar lipitlerin dağılımı; %82-89 trigliseritler, %4-11 digliseritler, %1 monoglisertler, %4-6 sterol esterleri ve %0.6-22 oranında serbest yağ asitleri olarak bildirilmiştir (Ghafoor vd. 2017).

Embriyoda trigliseritlere bağlı olarak bulunan ve çoğunluğu oleik ve linoleik asitler olan doymamış yağ asitleri, trigliseritlerin yaklaşık %80 kadarını oluşturmaktadır. Embriyo yağ asitlerinden linoleik ve linolenik yağ asitleri esansiyel özellikte oldukları için de embriyoya beslenme bakımından ayrıca bir değer katmaktadırlar (Çakmakçı ve Kahyaoğlu 2012; Özcan vd. 2015).

Çizelge 2.9. Buğday embriyo yağının yağ asidi kompozisyonu

Yağ asitleri (%)	Özcan vd. (2015)	Güven ve Kara (2015)	Zou vd. (2018)
Palmitik asit	12.95	17.12	16.79
Stearik asit	1.08	0.67	0.59
Oleik asit	18.55	17.84	14.86
Linoleik asit	58.38	55.83	58.88
Linolenik asit	6.85	6.46	6.30

Buğday embriyosu yağı yüksek besleyici değere sahip olmasının yanı sıra, yapısında serbest radikalleri nötralize eden antioksidanlar ve bazı hormonların ön maddesi de olan steroller gibi birçok biyoaktif bileşeni de yapısında bulundurmaktadır (Gelmez vd. 2009).

2.3.2. Embriyonun kullanım alanları

Son yıllarda insanların beslenme bilinçlerinin artmasıyla birlikte yapılmaya başlanan araştırmalar sonucunda embriyonun yeterli düzeyde değerlendirilmeyen zengin bir gıda olduğu fark edilmiştir.

Buğday embriyosunun yapısında bulunan bileşenlerin düşük stabiliteye sahip olması gıda formülasyonlarında embriyo kullanımında bazı zorluklara neden olmaktadır. Meydana gelen acılaşıma ya da ransit tadı önlemek amacıyla buğday embriyosuna; infrared ısıtma, kavurma, mikrodalga uygulaması, gama ışını uygulaması, farklı yağ uzaklaştırma yöntemleri, enzim denatürasyonu gibi çeşitli yöntemler ile stabilizasyon uygulanarak bu sorunların önüne geçilmeye çalışılmaktadır (Boukid vd. 2018).

Buğday embriyosu herhangi bir işleme gerek olmaksızın olduğu şekilde tüketime hazır olmakla birlikte lezzeti bazı tüketicilere hitap etmemesi durumunda, kahvaltılık gevrekler, yoğurt ya da meyve karışımlarının içerisine eklenerek tüketimi kolaylaştırılabilmektedir.

Değirmencilik alanında embriyo ve kepek, endospermden elde edilen unun teknolojik özelliklerini etkilediği için ile taneden ayrılmaktadır. Dünya üzerinde un kullanımını ile en çok üretilen son ürünün ekmek olması sebebiyle embriyonun ekmek formülasyonuna katıldığı çeşitli çalışmalar yapılmıştır.

Çakmaklı vd. (1995) yapmış oldukları bir çalışmada, ekmek formülasyonu içerisine farklı oranlarda (%5, %10 ve %15) ham ve stabilize edilmiş embriyo, %0.5 sodyum stearol-2 laktilat ve %0.008 KBrO₃ ilavesi yapmış, %5 oranından daha fazla embriyonun ilave edilmesinin hamur ve ekmek özelliklerini olumsuz etkilediği ancak SSL ve KBrO₃ gibi ilaveler ve daha etkin stabilizasyon yöntemleri ile birlikte embriyonun %10'a kadar katılabileceğini bildirmiştir.

Buğday embriyosunun sahip olduğu yüksek besleyici değerden yararlanmak için yapılan çalışmalarda en çok kullanılan ürünlerden birisi de kurabiyedir. Petroviç vd. (2017) yapmış oldukları bir çalışmada kurabiye formülasyonunda farklı oranlarda su (%20, %22 ve %24) ve farklı oranlarda (%5, %10 ve %15) embriyo kullanarak toplamda 15 farklı kurabiye üretmiş, çalışma sonucunda %15 oranına kadar katılan embriyonun, kurabiyenin protein, mineral ve lif içeriğini arttırdığı, sertlik ve duyuşal özelliklerini önemli ölçüde etkilemediği ve embriyo partikül boyutunun azaldıkça kurabiyelerin renginin daha açık bir hal aldığı bildirilmiştir.

Majzobi vd. (2011) yapmış oldukları bir çalışmada kek hamurunun içerisine farklı oranlarda (%0, %5, %10, %15 ve %20) ve partikül boyutlarında embriyo eklemiş, embriyo ilavesinin tekstürde önemli bir fark oluşturmadığını, hacimde bir miktar azalmaya neden olduğunu, kekin tekstürel özelliklerinin önemli derecede etkilenmediğini ve kekin duyuşal özelliklerinin ise en iyi %15 oranında embriyo katılan örneklerde korunduğunu bildirmiştir.

Aktaş vd. (2015) tarafından yapılan bir çalışmada ise embriyoya ilk olarak mikrodalga uygulaması ile stabilizasyon işlemi uygulanmış ve erişte bileşimine farklı oranlarda (%0, %10, %20 ve %30) ilavesi yapılmıştır. Çalışma sonucunda embriyo eklenen eriştelerin protein, toplam mineral ve lipit içeriğinin arttığı bildirilmiştir.

Bilgiçli vd. (2006) tarafından tarhanaya farklı oranlarda (%10, %25 ve %50) buğday embriyosu ve kepek eklenmesinin, tarhana örneklerinin protein, toplam mineral ve fenolik madde içeriğini arttığı, buna karşın örneklerin antioksidan kapasitesi ve renk özelliklerinin ise olumsuz bir şekilde etkilendiği bildirilmiştir.

Literatürde buğday embriyosunun nem içeriğinin, oksidasyon özellikleri üzerine bir etkisinin olup olmadığına dair bir çalışmaya rastlanmamıştır.

2.4. Gıdalarda Bulunan Su

Su, gıdaların yapısında bulunan en önemli bileşen olup protein, lipit, karbonhidrat gibi diğer bileşenler ile etkileşime girerek gıdaların fiziksel ve tekstürel özellikleri üzerine oldukça fazla etkisi de bulunmaktadır. (Bell ve Labuza 2000; Saldamlı 2017).

Gıdalarda su, bağlı ve serbest olmak üzere temel olarak 2 formda bulunmaktadır. Bağlı su, hidrojen bağı yapabilme kapasitesinin tamamını gıda polimerleri ile yapmış ve bu polimerler tarafından tutuklanmış olduğu için su aktivitesini etkilememektedir. Ancak serbest su gıdanın su bağlama kapasitesi olan aktif uçlarına hidrojen bağları ile tutunmuş ve gıdanın kapiler sistemini dolduran su olarak su aktivitesini etkilemektedir. Serbest su ayrıca gıdalarda oldukça fazla bulunan, çeşitli kimyasal, biyokimyasal ve mikrobiyolojik

reaksiyonlara neden olan ve kurutmaya uzaklaştırabilen su olarak da tanımlanabilmektedir (Vaclavik ve Christian 2008).

Gıdalarda mikrobiyal gelişim sonucunda meydana gelen bozulmalar, gıdada bulunan su miktarından daha çok su aktivitesi ile ilgilidir. Aynı miktarda su içeren fakat farklı su aktivitesine sahip olan gıdaların, bozulmalara karşı farklı dayanıklılıklarının olduğu bildirilmiştir (Bell ve Labuza 2000).

2.4.1. Su aktivitesi ve depolama arasındaki ilişki

Su aktivitesi, bir gıdada bulunan suyun buhar basıncının (p) aynı sıcaklıktaki saf suyun buhar basıncına (p^0) oranı olarak tanımlanmakta olup, 0 ila 1 aralığında değerler almaktadır (Bell ve Labuza 2000; Aykın vd. 2015).

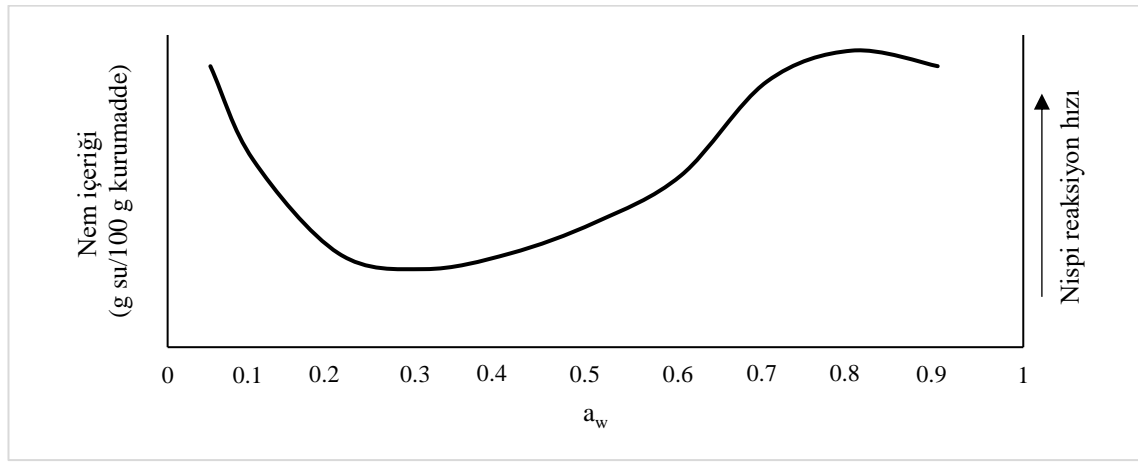
Gıdaların su aktivitesinin düşük (0-0.6) ya da yüksek (0.8-0.99) olması gıdaların depolanma veya raf ömrü sürelerinin belirlenmesinde önemli bir faktördür. Depolama sırasında su aktivitesinde meydana gelebilecek değişimler sonucunda gıdanın tekstürel yapısı ve duyuşal özelliklerinde de önemli değişimler meydana gelebilmektedir (Rahman ve Labuza 2007).

Çok uzun yıllardan beri gıdaların depolanmasında kullanılan kurutma ya da gıdalara şeker ve tuz eklenmesi gibi yöntemlerde, nem içeriğinin azalmasından çok su aktivitesinin azalması sonucunda gıdaların raf ömrü uzamaktadır. Gıdada bulunan suyun miktarına bağlı olarak değişkenlik gösteren su aktivitesi, gıdanın bileşimi, gıdanın gözenek yapısı, sıcaklık ve basınç gibi faktörlerden de etkilenmektedir. Gıdanın yapısında bulunan şeker ya da tuz gibi bileşenlerin fazla olması ya da sonradan eklenmesi, ortam ile etkileşime giren su moleküllerinin azalmasına, dolayısıyla su aktivitesinin de düşmesine neden olmaktadır (Rahman ve Labuza 2007).

Mikroorganizmalar, gıdaların bozulmasına neden olan en önemli faktörlerden birisi olup, mayalar 0.60, küfler 0.70, bakteriler 0.75 ve patojen mikroorganizmalar ise 0.85 su aktivitesi değerlerinden sonra faaliyet göstermeye başlamaktadır. Bu nedenle 0.6 ve daha düşük su aktivitesi değerlerine sahip olan gıdalarda mikrobiyal gelişme minimum seviyede gerçekleşmekte ve raf ömrü ya da depolanma süresi uzamaktadır (Canovas vd. 2007).

Gıdaların depolanması sırasında meydana gelen sorunlardan birisi de gıdanın duyuşal özelliklerinde meydana gelen değişimlerdir. Özellikle gıdanın dış görünüşünde herhangi bir değişiklik olmamasına rağmen tadında istenmeyen bir acılığın olduğu durumlarla sık karşılaşılmaktadır. Gıdaların içerisinde bulunan lipidlerin okside olması bu duruma neden olan en önemli etkenlerden birisidir (Canovas vd. 2007). Lipitlerin oksidasyon hızları ve su aktivitesi arasındaki ilişki Şekil 2.2’de verilmiştir.

Şekil 2.2 incelendiğinde; çok düşük su aktivitesi değerlerinde (0.1-0.2) gıdaların yüzeyinde ve yapısında bulunan polar uçların boşta olması ve ortamda bulunan oksijenleri bağlaması sebebiyle lipit oksidasyonu oldukça yüksek seviyede gerçekleşmektedir. Su aktivitesi değerinin tek tabaka nem içeriğine (0.3-0.4) kadar yükselmesiyle birlikte boştaki polar uçlara su moleküllerinin bağlanması ve kapiller sistemler içerisindeki oksijen ile su buharının yer değiştirmesiyle birlikte oksidasyon en düşük düzeye inmektedir. Bu noktadan sonra artan su aktivitesi değerleri ile birlikte metal iyonlarının, hidroperoksitlerin ve lipoksigenaz enziminin hareketliliğinin artması ve difüzyonun kolaylaşması nedenleriyle 0.7-0.8 su aktivitesi değerine kadar lipit oksidasyonu da artmaktadır. 0.7-0.8 su aktivitesi değeri ve üzerinde ise reaktantların seyrelmesi nedeniyle lipit oksidasyon hızı da düşme eğilimine girmektedir (Canovas vd. 2007; Frankel 2014).



Şekil 2.2. Su aktivitesi ve lipit oksidasyon hızı arasındaki ilişki

Tek tabaka nem içeriği kuru gıdaların birçok özelliğini koruduğu gibi oksidasyona karşı da iyi bir koruma sağlamaktadır. Gıdaların tek tabaka nem içeriğini belirlemek için kullanılan yöntem sorpsiyon izotermelerinin belirlenmesidir (Canovas vd. 2007).

2.5. Sorpsiyon İzotermeleri

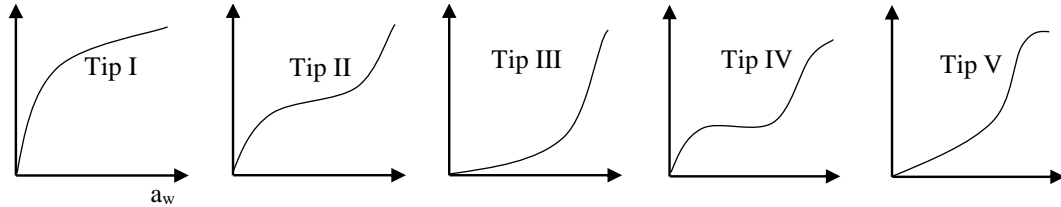
Gıdalar, sıcaklığı ve bağıl nem oranı sabit bir ortamda yeterli süre bekletildiğinde, sahip olduğu bağıl nem oranına göre ortamdan su alır veya verirler. Ortamdaki suyun buhar basıncının gıdadaki suyun buhar basıncına eşitlenmesiyle dinamik bir denge durumu oluşmaktadır. Gıdanın bu denge durumunda sahip olduğu nem içeriği, denge bağıl nemi olarak adlandırılmaktadır (Aykın vd. 2015).

Gıdanın denge bağıl nemi, ortamın sıcaklığına ve ortamın bağıl nem oranına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Sabit sıcaklıkta ortamın bağıl neminin artması ya da azalması durumunda gıdanın denge bağıl nemi de artış ya da azalış göstermektedir. Sabit sıcaklıkta, belli bir nem içeriği ya da su aktivitesi değerine karşın gıdanın denge bağıl neminin grafik edilmesi ile gıdanın nem sorpsiyon izotermi elde edilmektedir (Aykın vd. 2015; Saldamlı 2017).

2.5.1. Sorpsiyon izotermi ve su aktivitesi arasındaki ilişki

Sorpsiyon izotermi Brunauer vd. (1940) tarafından 5 farklı tipte tanımlanmıştır (Şekil 2.3). İlk 3 tip belli gruptaki organik materyalleri temsil ederken diğer 2 grup ise ilk 3 tipin karışık durumlarını temsil etmektedir (Basu 2006; Aykın vd. 2015).

g.su/100g kurumadde



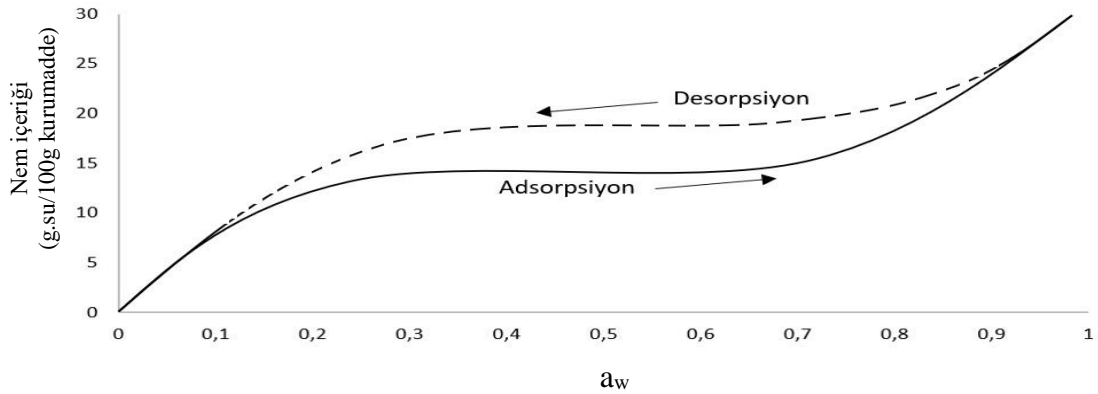
Şekil 2.3. Sorpsiyon izoterm tipleri

Tip I olarak tanımlanan Langmuir izotermi tipik bir kekleşmeyi önleyici (antikek) madde izotermidir. Düşük su aktivitesi değerlerinde antikek maddeler, yapısında bulunan kapiller sistemlerin içerisinde ve kendi yüzeyinde bulunan polar uçlar sayesinde oldukça fazla miktarda nemi yüksek bir bağlanma enerji ile adsorbe etmekte ve bunun sonucunda düşük su aktivitesi değerlerinde adsorbe edilen nem miktarında keskin bir artış meydana gelmektedir. Maddenin kapiller sistemlerinde ve yüzeyinde bulunan polar uçların bağ yapma kapasitesi dolduktan sonra su aktivitesi değeri yükselmeye başlamaktadır (Bell ve Labuza 2000; Canovas vd. 2007).

Tahıllar gibi birçok gıda tip II (sigmoidal, S tipi) izoterm göstermektedir. Tip II izotermde 0.2-0.4 ve 0.6-0.7 su aktivitesi değerlerinde kapiller etki ve yüzey-su etkileşiminin sonucunda iki adet bükülme meydana gelmektedir. Bükülmelerin büyüklüğü, fiziksel ve kimyasal etkileşimlerin büyüklüğüne bağlı olarak değişmektedir (Bell ve Labuza 2000; Canovas vd. 2007; Aykın vd. 2015).

Tuz veya şeker gibi saf kristal yapılar Flory-Huggins ya da tip III (J tipi) sorpsiyon izoterm göstermektedir. Tip III izotermi şekli kristalin yüzeyinde bulunan hidroksil grupları ile suyun etkileşimden kaynaklanmaktadır. Saf kristallerde çözünme noktasına kadar olan su aktivitesi değerlerinde, yüzeyde hidroksil grupları tarafından adsorbe edilebilen su miktarı oldukça düşük olup, kristaller çözünmeye başladıktan sonra açığa çıkan hidroksil gruplarının oldukça fazla olması sebebi ile adsorbe edilen su miktarı da hızla artmaktadır. Saf kristal yapıdaki maddelerin ortamdan su adsorbe ederek hızla çözünmeye başladığı bu noktaya sıvılaştırma noktası (*deliquescent point*) denir. Dolayısıyla kristal yapıdaki maddelerin tanecik boyutu küçüldükçe düşük su aktivitesi değerlerinde de çözünürlüğü artmaktadır (Bell ve Labuza 2000; Canovas vd. 2007; Andrade vd. 2011).

Nem sorpsiyon izotermi adsorpsiyon ve desorpsiyon olmak üzere 2 şekilde elde edilebilmektedir (Şekil 2.4). Tamamen kurutulmuş olan gıdanın, sabit sıcaklıkta su aktivitesi belirli olan ortamlarda tutulmasıyla ulaştığı denge nem içeriğinin takip edilmesi ve ortamların su aktivitesi değerlerine karşılık gıdanın denge nem içeriklerinin grafik edilmesi ile çizilen izoterm, adsorpsiyon izotermi olarak tanımlanmaktadır. Desorpsiyon izotermi ise başlangıçta nemli olan örneğin, sabit sıcaklık ve su aktivitesi bilinen ortamlarda yeterli süre bekletilerek elde edilen denge bağıl nem içeriklerinin, ortam su aktivitesi değerlerine karşın grafik edilmesi ile elde edilen izotermdir (Al-Muhtaseb vd. 2002; Saldamlı 2017).



Şekil 2.4. Adsorpsiyon ve desorpsiyon izotermi

Bir gıdanın nem sorpsiyon izotermi belirlenirken çizilen adsorpsiyon veya desorpsiyon izotermi teorik olarak aynı olması beklenmektedir. Fakat Şekil 2.4'de görüldüğü üzere sabit sıcaklık ve su aktivitesi değerlerinde adsorpsiyon ile desorpsiyon arasında histerisis olarak adlandırılan bir açıklık meydana gelmektedir (Canovas vd. 2007; Aykın vd. 2015; Saldamlı 2017).

Histerisisin oluşmasını açıklamak için birçok teori geliştirilmiştir. Histerisisin oluşmasına neden olan en önemli etken gıdaların sahip olduğu kapiller sistemlerdir. Adsorpsiyon sırasında içerisi boş olan kapiller sistemlerde bulunan havanın yerini yüksek enerjili bağlar ile aktif polar uçlara bağlanmış olan su almaktadır. Fakat desorpsiyon sırasında bir miktar su uzaklaştıktan sonra kurutmanın etkisi ile kapiller sistemlerin girişlerinde daralma meydana gelmekte ve içeride kalan suyun uzaklaşması oldukça zorlaşmaktadır. Bu sebep ile sabit sıcaklık ve su aktivitesi değerlerinde, desorpsiyon izotermi adsorpsiyon izotermine oranla daha fazla nem bulunmaktadır (Canovas vd. 2007; Yan vd. 2008).

2.5.2. Sorpsiyon izoterm eşitlikleri

Gıdaların denge bağıl nemi ve su aktivitesi arasındaki ilişkiyi ifade etmek için 2 veya daha fazla parametre içeren teorik, yarı deneysel ve deneysel birçok sorpsiyon izoterm eşitliği geliştirilmiştir. *BET* (Brunauer-Emmet-Teller), *GAB* (Guggenheim-Anderson-de Boer), *Halsey* ve *Henderson* eşitlikleri yaygın olarak kullanılan eşitliklerdir (Andrade vd. 2011).

BET eşitliği (Eşitlik 2.1) 1938 yılında Brunauer-Emmet-Teller tarafından geliştirilmiştir. *BET* eşitliği en yüksek uyumu 0.55 su aktivitesi değerlerinin altındaki su içeriğinde göstermesine karşın, gıdaların tek tabaka nem içeriğinin belirlenmesinde en çok kullanılan eşitliklerden birisidir (Basu vd. 2006).

$$m = \frac{a_w m_0 C}{(1-a_w)(a_w(C-1)+1)} \quad (2.1)$$

BET eşitliğinde; m denge su içeriğini (g.su/100g kuru madde), m_0 tek tabaka nem içeriğini (g.su/100g kuru madde), a_w ortamın su aktivitesini ve C ise sorpsiyon enerjisi ile ilgili bir sabiti temsil etmektedir (Basu vd. 2006).

GAB eşitliği (Eşitlik 2.2) Guggenheim-Anderson-de Boer tarafından *BET* eşitliğinin geliştirilmesi ile ortaya çıkmıştır. *GAB* eşitliği 3 eşitlik sabitine sahip olup 0-0.95 su aktivitesi değeri aralığında iyi bir şekilde kullanılabilir (Canovas vd. 2007).

$$m = \frac{m_0 k_b C a_w}{[1-k_b a_w][1-k_b a_w + C k_b a_w]} \quad (2.2)$$

GAB eşitliğinde, m denge su içeriğini (g.su/100g kurum madde), m_0 tek tabaka nem içeriğini (g.su/100g kuru madde), a_w ortamın su aktivitesini, C sorpsiyon enerjisi ile ilgili bir sabiti ve k_b ise çoklu tabaka suyun bağlanma enerjisi ile ilgili bir sabiti temsil etmektedir (Erbaş vd. 2016a).

GAB eşitliği birçok gıdaya ait sorpsiyon izotermi tanımlamada oldukça başarılı olması ve geniş bir su aktivitesi aralığında kullanılabilmesi nedenleriyle birçok gıdanın sorpsiyon izotermi modellemesinde standart izoterm eşitliği olarak kabul edilmektedir (Andrade vd. 2011; Saldamlı 2017).

Halsey 1948 yılında bir molekülün potansiyel enerjisinin, yüzeyden uzaklığıyla ters orantılı olarak değiştiğini varsayarak, yüzeyden nispeten uzaklaşmış olan çoklu tabaka suyunun yoğunlaşmasını tanımlamak için *Halsey* eşitliğini (Eşitlik 2.3) geliştirmiştir (Basu vd. 2006).

$$m = m_0 \left[-\frac{A}{RT \ln a_w} \right]^{\frac{1}{n}} \quad (2.3)$$

Halsey'in geliştirmiş olduğu eşitlikte Üiversal Gaz Sabiti olan R ve Kelvin biriminden sıcaklık ifadesi olan T 'nin kullanılması A ve n sabitlerinin sıcaklığa bağımlılığını ortadan kaldırmadığı için *Halsey* eşitliği, Iglesias ve Chirife (1976) tarafından modifiye edilerek Eşitlik 2.4'e dönüştürülmüştür (Basu vd. 2006).

$$m = \left[-\frac{C}{\ln a_w} \right]^{\frac{1}{n}} \quad (2.4)$$

Modifiye edilmiş *Halsey* eşitliğinde; m denge su içeriğini (g.su/100g kurummadde), a_w su aktivitesi değerini, C ve n değerleri ise sabitleri temsil etmektedir.

Iglesias ve Chirife (1976), 69 farklı gıda üzerinde yapmış oldukları çalışmada modifiye *Halsey* eşitliğinin 0.1-0.8 su aktivitesi aralığında 220 deneysel sorpsiyon izotermini başarılı bir şekilde temsil ettiğini bildirilmiştir (Basu vd. 2006).

En yaygın kullanılan sorpsiyon izoterm eşitliklerinden birisi de *Henderson* (Eşitlik 2.5) eşitliğidir (Al-Muhtaseb vd. 2002).

$$m = \left[\frac{\ln(1-a_w)}{-A} \right]^{\frac{1}{B}} \quad (2.5)$$

Henderson eşitliğinde; m denge su içeriğini (g.su/100g kurumadde), a_w su aktivitesi değerini ve A ve B ise sabitleri temsil etmektedir (Al-Muhtaseb vd. 2002; Basu vd. 2006).

2.5.3. Sorpsiyon izotermelerinin kullanım alanları

Sorpsiyon izotermeleri; termodinamik açıdan adsorpsiyon ve desorpsiyon enerjisini hesaplamada, gıdanın yapısı bakımından; partikül boyutu, kapiller sistemlerin varlığı ya da su içeriğini anlamada ve teknolojik açıdan ise; gıdaların raf ömrü ya da depolama süresinin hesaplanması, paketlenmiş olan gıdaların gevreklik gibi özelliklerinin korunması, farklı su içeriğine sahip olan kurutulmuş ürünlerin karıştırılmasında teorik olarak denge nem içeriğinin hesaplanmasında kullanılmaktadır (Labuza ve Bell 2000; Mathlouthi 2001).

Erbaş vd. (2016b) tarafından yapılan bir çalışmada bulgurun 20, 30 ve 40°C'de adsorpsiyon davranışları ve *BET* ve *GAB* sorpsiyon izoterm eşitliklerine uyumu araştırılmış; bulgur örneklerinin Tip II izoterm gösterdiği, sıcaklığa bağlı olarak tek tabaka nem içeriğinin 2.08-5.03 g.su/100g kurumadde arasında değiştiği ve su bağlanma sabiti olan C değerinin ise 2.69-16.57 aralığında değerler aldığı, bulgurun adsorpsiyon verilerini *GAB* modelinin *BET* modeline göre daha iyi temsil ettiğini, depolama şartlarında ortam bağıl neminin %70'den, bulgur nem içeriğinin ise %10'dan daha düşük olması gerektiğini bildirmiştir.

Sampaio vd. (2009) tarafından buğday, yulaf ve bazı kuru meyve unları karıştırılarak elde edilen bisküvinin, 25 ve 40°C'de adsorpsiyon davranışları incelenmiş ve bisküvinin sorpsiyon izotermine Tip II olduğu, sorpsiyon verilerini en iyi temsil eden eşitliğin *GAB* eşitliği olduğu, su bağlama sabiti olan C değerinin bu sıcaklıklarda sırasıyla 8.99-40.50 olarak belirlendiği bildirilmiştir.

Moreira vd. (2010) tarafından kestane ve buğday unlarının farklı sıcaklıklarda adsorpsiyon ve desorpsiyon izotermelerinin belirlenmesi üzerine yapılan bir çalışmada; elde edilen sorpsiyon verilerini, uygulanan 2 model arasında *GAB* modelinin daha iyi temsil ettiğini, buğday ununun Tip II sorpsiyon izotermi gösterdiğini ve artan sıcaklıkla birlikte buğday ununun sorpsiyon kapasitesinin ve tek tabaka nem içeriğinin azaldığını bildirmiştir.

Buğday embriyosunun sorpsiyon özellikleri üzerine Gili vd. (2017) tarafından yapılan bir çalışmada buğday embriyosunun 25 ve 33.7°C sıcaklıklarda sorpsiyon özellikleri *BET* ve *GAB* modellerine göre araştırılmış; örneklerin Tip II izoterm gösterdiği, tek tabaka nem içeriğinin ise sıcaklığa bağlı olarak 4-5 g.su/100g kurumadde arasında olduğu tespit edilmiş ve buğday embriyolarının 0.4-0.5 su aktivitesi değerleri arasında depolanması gerektiği ifade edilmiştir. Ancak bu çalışmada embriyonun oksidasyon özellikleri ve oksidasyonun sorpsiyon ile ilişkilendirilmesi araştırılmamıştır.

Bu çalışmada; buğday embriyosunun sorpsiyon izoterm özelliklerinin araştırılması, sorpsiyon verilerinin seçilen sorpsiyon eşitliklerine uygulanarak tek tabaka nem içeriğinin belirlenmesi ve tek tabaka nem içeriğinde buğday embriyosunun depolanmasının oksidasyon üzerine etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Bu çalışmada Antalya Organize Sanayi Bölgesinde faaliyet gösteren Nar Un fabrikasından temin edilmiş olan buğday embriyosu örnekleri herhangi bir stabilizasyon işlemine tabii tutulmadan kullanılmış, farklı su aktivitesine sahip ortamların sağlanması ve kimyasal analizler için ise analitik saflıkta kimyasal maddeler (Merck ve Sigma, Almanya) kullanılmıştır.

3.2. Metot

3.2.1. Denemenin düzenlenmesi

Bu çalışmada 7 farklı su aktivitesi ortamı temin edilen doymuş tuz çözeltileri (sodyum hidroksit, potasyum asetat, magnezyum klorür, potasyum karbonat, sodyum bromür, sodyum klorür ve baryum klorür) kullanılarak 3 farklı sıcaklıkta (15, 25 ve 35°C) buğday embriyolarının adsorpsiyon izotermi belirlenmiş, farklı sorpsiyon eşitlikleri kullanılarak eşitlik sabitleri tespit edilmiş, oksidasyonu minimize eden tek tabaka nem içeriği belirlenmiş, tek tabaka nem içeriğine kurutulan embriyo örneği kontrol ile birlikte 2 farklı sıcaklıkta (4 ve 25°C) 28 günlük depolamaya alınmış ve 0., 7., 14., 21. ve 28. günlerde örneklerin analizleri yapılmıştır.

Araştırma 2 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiş, örneklere uygulanan analizler paralelli olarak yapılmış, elde edilen verilere varyans analizi ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi SAS istatistik programı ile uygulanmış ve sonuçlar ortalama \pm standart hata şeklinde düzenlenmiştir.

3.2.2. Sorpsiyon izotermlerinin belirlenmesi

Buğday embriyosunun adsorpsiyon izotermi belirlenmesi için embriyo 25 mbar vakum altında oda sıcaklığında tamamen kurutulmuş ve yüksek yoğunluklu polietilen kilitli bir torba içerisinde buzdolabı şartlarında saklanarak kullanılmıştır.

Doymuş tuz çözeltileri en yüksek çalışma sıcaklığında (35°C) hazırlandıktan sonra desikatörlere alınmış ve farklı su aktivitesi değerlerini temin eden denge bağıl nem ortamları olarak kullanılmıştır. Örneklerin farklı bağıl nem ortamında tutulması için kullanılan küçük cam beherler, ilgili bağıl nem ortamı ve etüv sıcaklığında 1 gün boyunca tutularak dengelenmesi sağlandıktan sonra darası alınarak içerisine 0.0001 g hassasiyet ile yaklaşık 0.25 g örnek 3 paralelli tartılmış ve sorpsiyon izotermi belirlenmesinde kullanılmıştır. Çalışma sırasında örnek ağırlığı 0. günden başlanarak takip edilmiş, örneklerin günlük ağırlık değişimleri arasındaki mutlak fark 0.0001 g olana kadar takibe devam edilmiş, örneklerin 4. günde dengelendiği tespit edilmiş ve örneklerin başlangıç su içerikleri dikkate alınarak son su içerikleri kurumadde bazında hesaplanmıştır.

3.2.3. Sorpsiyon eşitliklerinin çözümü

Yapılan çalışmada *BET*, *GAB*, *Halsey* ve *Henderson* sorpsiyon eşitlikleri kullanılmış ve eşitliklere ait çözümler aşağıda verilmiştir.

BET eşitliği, su aktivitesinin bir fonksiyonu olarak yeniden düzenlenerek Eşitlik 3.1 elde edilmiş, elde edilen eşitliğe lineer regresyon analizi uygulanarak a_w değerlerine karşı $(a_w/(1-a_w)m)$ değerleri grafik edilmiş ve elde edilen doğruların $y = b + ax$ şeklinde bir doğru denklemine benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir.

$$\frac{a_w}{(1-a_w)m} = \frac{1}{m_0C} + \left[\frac{C-1}{m_0C} \right] a_w \quad (3.1)$$

Eşitlik 3.1'de $(1/m_0C)$ ifadesinin doğrunun kesim noktasına $(C-1/m_0C)$ ifadesinin ise doğrunun eğimine eşit olduğu ve bu sayede eşitlik sabitleri olan m_0 ve C değerlerinin hesaplanabileceği bildirilmiştir (Bell ve Labuza 2000; Erbaş vd. 2016a).

GAB eşitliği, su aktivitesinin bir fonksiyonu olarak yeniden düzenlenerek Eşitlik 3.2 elde edilmiş, elde edilen eşitliğe lineer olmayan regresyon analizi uygulanarak a_w değerlerine karşı (a_w/m) değerleri grafik edilmiş ve elde edilen grafiklerin 2. dereceden $y = \alpha x^2 + \beta x + \varepsilon$ şeklinde bir polinoma benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir.

$$\frac{a_w}{m} = \frac{k_b}{m_0} \left[\frac{1}{C} - 1 \right] a_w^2 + \frac{1}{m_0} \left[1 - \frac{2}{C} \right] a_w + \frac{1}{m_0 k_b C} \quad (3.2)$$

$$\alpha = \frac{k_b}{m_0} \left[\frac{1}{C} - 1 \right] \quad \beta = \frac{1}{m_0} \left[1 - \frac{2}{C} \right] \quad \varepsilon = \frac{1}{m_0 k_b C} \quad (3.3)$$

Eşitlik 3.3'de verilen α , β ve ε katsayılarının lineer olmayan regresyon analizi ile hesaplanmasından sonra eşitlik sabitleri olan m_0 , k_b ve C değerlerinin, Eşitlik 3.4'de verilmiş olan eşitlikler kullanılarak hesaplanabileceği bildirilmiştir (Ayrancı vd. 1990; Canovas vd. 2007).

$$k_b = \frac{\sqrt{\beta^2 - 4\alpha\varepsilon} - \beta}{2\varepsilon} \quad c = \frac{\beta}{k_b\varepsilon} + 2 \quad m_0 = \frac{1}{k_b C \varepsilon} \quad (3.4)$$

Halsey eşitliğinin, su aktivitesinin bir fonksiyonu olarak yeniden düzenlenmesiyle Eşitlik 3.5 elde edilmiş, elde edilen eşitliğe lineer regresyon analizi uygulanarak $(\ln(\ln(1/a_w)))$ değerlerine karşı $\ln m$ değerleri grafik edilmiş ve elde edilen doğruların $y = b + ax$ şeklinde bir doğru denklemine benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir.

$$\ln m = \frac{1}{n} \ln C - \frac{1}{n} \left[\ln \ln \left(\frac{1}{a_w} \right) \right] \quad (3.5)$$

Eşitlik 3.5'de $(\ln C/n)$ ifadesinin doğrunun kesim noktasına $(-1/n)$ ifadesinin ise doğrunun eğimine eşit olduğu ve bu sayede eşitlik sabitleri olan n ve C değerlerinin hesaplanabileceği bildirilmiştir (Andrade vd. 2011).

Henderson eşitliği, su aktivitesinin bir fonksiyonu olarak yeniden düzenlenerek Eşitlik 3.6 elde edilmiş, elde edilen eşitliğe lineer regresyon analizi uygulanarak ($\ln(-\ln(1-a_w))$) değerlerine karşı $\ln m$ değerleri grafik edilmiş ve elde edilen doğruların $y = b + ax$ şeklinde bir doğru denkleminde benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir.

$$\ln m = -\frac{1}{B} \ln A + \frac{1}{B} [\ln(-\ln(1 - a_w))] \quad (3.6)$$

Eşitlik 3.6'da ($-\ln A/B$) ifadesinin doğrunun kesim noktasına ($1/B$) ifadesinin ise doğrunun eğimine eşit olduğu ve bu sayede eşitlik sabitleri olan A ve B değerlerinin hesaplanabileceği bildirilmiştir (Andrade vd. 2011).

3.3. Deneysel Verilerin Hesap Edilen Verilere Uyumunun Araştırılması

Elde edilen sorpsiyon verileri *BET*, *GAB*, *Halsey* ve *Henderson* sorpsiyon eşitliklerine uygulanmış ve bu eşitliklerin sabitleri belirlenmiştir. Kullanılan eşitliklerle hesap edilen sorpsiyon verilerinin buğday embriyosunun deneysel sorpsiyon verilerine uyumu aşağıdaki eşitlik kullanılarak bağıl hata değerleri ($\%E$) olarak hesap edilmiştir.

$$\%E = \frac{100}{N} \sum_{i=1}^N \left| \frac{m_t - m_d}{m_t} \right| \quad (3.7)$$

Ortalama bağıl hata eşitliğinde; N su aktivitesi ortam sayısını, m_d deneysel olarak tespit edilen örnek su içeriğini ve m_t ise sorpsiyon eşitlikleri ile hesap edilen örnek su içeriğini (g.su/100g kurumadde) temsil etmektedir (Erbaş vd. 2005; Sampaio vd. 2008; Li vd. 2011).

3.4. Embriyo Yağı Ekstraksiyonu

Buğday embriyosu örneklerinden yağ ekstraksiyonu için 30 g örnek cam şişe içerisine tartılmış, üzerine 90 mL hekzan eklenerek 1 saat boyunca 30°C 'de ultrasonik su banyosunda (DL102H, Bandelin, Berlin, Almanya) sonikasyon için tutulmuştur. Süre sonunda karışım kaba filtre kâğıdından süzölmüş, süzöntü yağ balonuna örnekler ise aynı cam şişe içerisine kayıpsız olarak geri alınmış, örnek üzerine 90 mL hekzan tekrar eklenerek bu işlem toplam 3 kez tekrar edilmiştir. Yağ balonunun içerisinde toplanan hekzan süzöntüsü, rotary evaporatörde 40°C 'de 30 dk boyunca 150 rpm hızda tamamen uçurularak embriyo yağı elde edilmiştir.

3.4.1. Nem içeriği analizi

Örneklerin nem içeriğini belirlemek amacıyla cam petriler 105°C'de 2 saat tutularak sabit tartıma getirilmiştir. Petriler desikatöre alınıp oda sıcaklığına soğutulduktan sonra hassas terazide 0.001 g hassasiyet ile daraları alınmış, petrilere 3 g embriyo örneği tartılmış, 105°C'deki etüvde 24 saat tutularak kurutulmuş ve örneklerin nem içeriği 100 g kurumaddede g.su olarak hesap edilmiştir (Anonim 2000).

$$\text{Nem içeriği (g.su/100g kurumadde)} = 100 \left[\frac{M}{(A-B)} - 1 \right]$$

A: Son tartım (g)

B: Dara (g)

M: Örnek ağırlığı (g)

3.4.2. Su aktivitesi analizi

Örneklerin su aktivitesi değerleri, su aktivitesi ölçer cihazı kullanılarak (Aqualab 4TE, Almanya) tespit edilmiştir.

3.4.3. pH ve titrasyon asitliği analizi

Örneklerin pH değerlerinin belirlenmesi için 5 g örnek bir behere tartılmış, üzerine 45 mL saf su ilave edildikten sonra bir manyetik karıştırıcıda 5 dakika boyunca karıştırılmış (300 rpm) ve süre sonunda kalibre edilmiş bir pH metre (Hanna HI2210, Almanya) aracılığıyla örneklerin pH değerleri ölçülmüştür (Cemeroğlu 2013).

Titrasyon asitliği ise pH ölçümü yapılan embriyo ve su karışımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla karışımın süzütüsünden 10 mL alınmış, üzerine 3-4 damla fenolftalein indikatörü ilave edilmiş, 0.1 N NaOH ile renk dönüşümü gözleninceye kadar titrasyona devam edilmiş ve aşağıdaki eşitlik kullanılarak örneklerin titrasyon asitliği sülfürik asit cinsinden % olarak hesap edilmiştir.

$$\text{Titrasyon asitliği (\%sülfürik asit)} = \frac{V \times f \times 0.0049 \times 100}{M}$$

V : Titrasyonda harcanan 0.1 N NaOH çözeltisinin hacmi (mL)

f : NaOH çözeltisinin faktörü

M : Örnek miktarı (g)

3.4.4. Toplam lipit içeriği analizi

Örneklerin toplam lipit içeriğinin belirlenmesi için Soxhelet ekstraksiyon yöntemi kullanılmıştır. İçerisine 2-3 adet cam boncuk atılan 500 mL hacimli yağ balonları 105 °C'de 2 saat tutularak sabit tartıma getirilmiş, oda sıcaklığına soğutulduktan sonra darası alınmıştır. Kartuş içerisine yaklaşık 3 gram embriyo örneği tartılmış, kartuşun ağzı pamuk ile kapatılarak ekstraksiyon düzeneğine yerleştirilmiş ve hekzan kullanılarak 8 saat boyunca ekstraksiyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Ekstraksiyon işlemi sonunda balonun içerisinde kalan çözgen, 45°C'de 30 dk boyunca rotary evaporatörde uzaklaştırılmış, balon 105 °C'deki etüvde 1 saat daha bekletilip soğutulmasının ardından tekrar tartılmış ve aşağıdaki eşitlik kullanılarak toplam lipit içeriği yüzde olarak hesap edilmiştir (Anonim 2000).

$$\text{Toplam lipit içeriği (\%)} = \left(\frac{M_2 - M_1}{M} \right) \times 100$$

M_1 : Balon darası (g)

M_2 : Örnek yağını içeren balon ağırlığı (g)

M : Örnek ağırlığı (g)

3.4.5. Serbest yağ asitliği analizi

Serbest yağ asitliği analiz için buğday embriyosu örneklerinden elde edilmiş olan yağdan 7 g tartılmış, üzerine 75 mL etil alkol/dietil eter (1:1) karışımından ilave edilerek yağ örneğinin tamamen çözünmesi sağlanmış, 0.1 N etanollü potasyum hidroksit ile fenoltalein indikatörlüğünde titrasyon işlemi gerçekleştirilmiş ve hesaplama aşağıda verilen eşitlik aracılığıyla yapılmıştır (Anonim 1999b).

$$\text{Serbest yağ asitliği (\%oleik asit)} = \frac{V \times N \times F \times 100}{M \times 1000}$$

V: Harcanan 0.1 N etanollü potasyum hidroksit çözeltisinin hacmi (mL)

N: Kullanılan etanollü potasyum hidroksit çözeltisinin normalitesi

F: Sonuçların ifade edileceği serbest yağ asidinin eşdeğer ağırlığı (oleik asit için 282 mL KOH/g Oleik asit)

M: Yağ örneğinin ağırlığı (g)

3.4.6. Peroksit analizi

Peroksit analizi için, erlenmayer içerisine 5 g embriyo yağı örneği tartılmış, üzerine 30 mL asetik asit/kloform karışımı (3:2) eklenerek yağ örneğinin tamamen çözünmesi sağlanmış, 0.5 mL potasyum iyodür ilave edilerek 1 dakika boyunca karıştırılmıştır. Süre sonunda erlenmayer içerisine 30 mL saf su eklenmiş, %1'lik nişasta çözelti indikatörlüğünde 0.1 N sodyum tiyosülfat ile titrasyon gerçekleştirilmiş ve peroksit sayısı aşağıdaki eşitlik aracılığıyla hesaplanmıştır. Aynı işlemler kör deneme içinde gerçekleştirilmiştir (Anonim 1999c).

$$\text{Peroksit sayısı (O}_2 \text{ mEq/kg yağ)} = \frac{(S-K) \times N \times 1000}{M}$$

S: Titrasyonda harcanan sodyum tiyosülfat çözeltisinin hacmi (mL)

K: Kör deneme için harcanan sodyum tiyosülfat çözeltisinin hacmi (mL)

N: Sodyum tiyosülfatın normalitesi

M: Yağ örneğinin ağırlığı (g)

3.4.7. İyot sayısı analizi

Buğday embriyosu örneklerinden ekstrakte edilen yağlardan tahmini iyot sayısı çizelgesine uygun olarak 0.13 g yağ örneği erlenmayer içerisine 0.001 g hassasiyet ile tartılmış, üzerine 15 ml siklohekzan/asetik asit karışımı (1:1) ilave edilerek yağın tamamen çözünmesi sağlanmış ve 25 mL Wijs çözeltisi de eklendikten sonra tekrar karıştırma işlemi yapılarak örnek 60 dk boyunca oda sıcaklığında karanlık bir ortamda bekletilmiştir. Süre sonunda sırası ile 20 mL KI ve 100 mL saf su eklenip hafifçe karıştırılarak 0.1 N sodyum tiyosülfat ile titrasyon işlemi gerçekleştirilmiş ve aşağıdaki eşitlik aracılığıyla iyot sayısı belirlenmiştir. Aynı işlemler kör deneme içinde gerçekleştirilmiştir (Anonim 1999a).

$$\text{İyot sayısı} = \frac{(B-S) \times N \times 12.69}{M}$$

B : Kör deneme için titrasyonda harcanan sodyum tiyosülfat hacmi (mL)

S : Yağ örnekleri için titrasyonda harcanan sodyum tiyosülfat hacmi (mL)

N : Sodyum tiyosülfatın normalitesi

M : Örnek ağırlığı (g)

3.4.8. Özgül soğurma değeri analizi

Özgül soğurma değeri analizi için 25 mL hacimli balon joje içerisine 0.25 g embriyo yağı tartılarak balon hacim çizgisine kadar sikloheksan ile tamamlanmış, çözeltinin absorbansı 232 nm dalga boyunda spektrofotometrede saf çözücüye karşı ölçülmüş ve konjuge dien değerlerinin hesaplaması aşağıda verilen eşitlik aracılığıyla yapılmıştır (Anonim 2006).

$$K_{\lambda} = \frac{E_{\lambda}}{c \times s}$$

K_{λ} : 232 nm dalga boyundaki özgül soğurma değeri

E_{λ} : 232 nm dalga boyunda ölçülen örneğin absorbans değeri

c : Yağ çözeltisinin konsantrasyonu (g/100 mL)

s : Kuvartz küvetin genişliği (cm)

3.4.9. Yağ asidi profilinin belirlenmesi

10 mg buğday embriyosu yağı tartılmış, üzerine 2 mL metanollü KOH çözeltisi (2 M) ve 2 mL izooktan eklendikten sonra karışım bir girdap karıştırıcıda 30 saniye boyunca karıştırıldıktan sonra 7000 rpm'de 10 dk boyunca santifirüj işlemine tabi tutulmuştur. Santifirüj işlemi sonrası yağ asiti metil esterlerini içeren üstteki berrak fazdan alınan örnek 100 kat seyretildikten sonra GC-MS (Thermo Scientific 15Q series, A.B.D.) aracılığıyla TR-5MS kolon (30m x 0.25mm, 0.25 μ) kullanılarak analiz edilmiştir (Anonim 1999d).

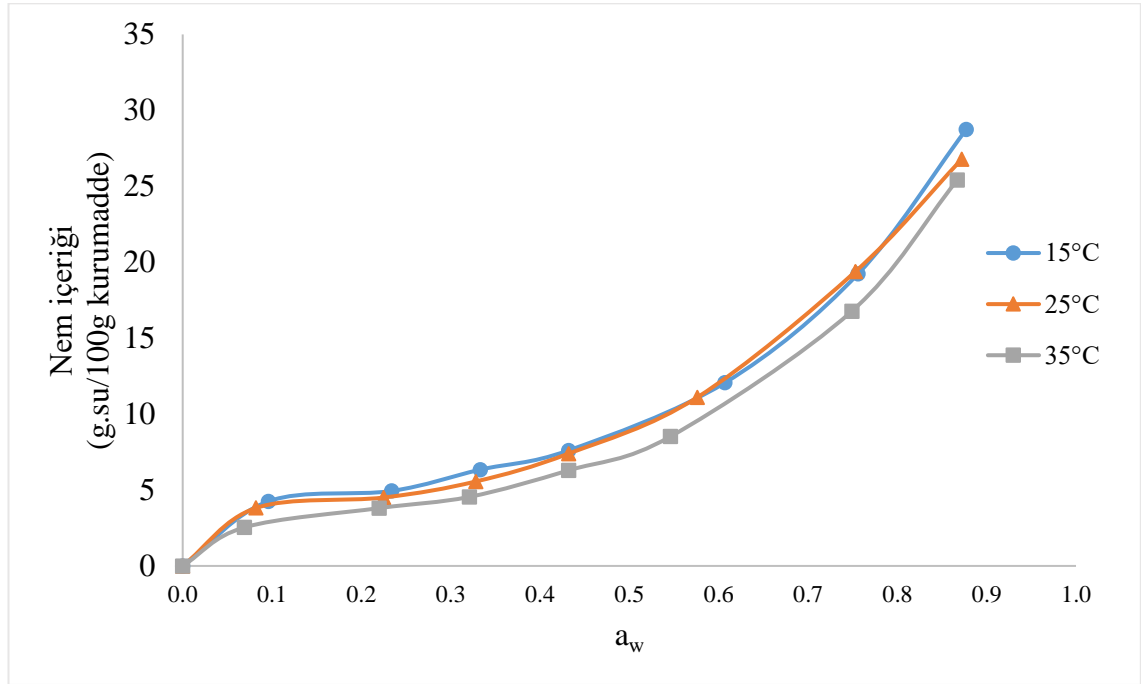
4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Sorpsiyon İzotermlerine ait Bulgular

Buğday embriyosu örneklerine ait adsorpsiyon verileri Çizelge 4.1’de ve bu verilere ait adsorpsiyon izoterm grafikleri ise Şekil 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Buğday embriyosunun farklı su aktivitesi ve sıcaklık ortamlarındaki I. ve II. tekerrür nem içerikleri (g.su/100g kurumadde)

15°C		25°C		35°C	
a_w	Nem içerikleri	a_w	Nem içerikleri	a_w	Nem içerikleri
0.10	4.21 4.29	0.08	3.91 3.72	0.07	2.52 2.56
0.23	4.90 4.97	0.23	4.59 4.43	0.22	3.82 3.79
0.33	6.28 6.40	0.33	5.55 5.56	0.32	4.59 4.51
0.43	7.53 7.68	0.43	7.35 7.44	0.43	6.31 6.28
0.61	12.14 11.98	0.58	11.23 10.97	0.55	8.60 8.44
0.76	19.26 19.21	0.75	19.50 19.26	0.75	16.88 16.65
0.88	28.74 28.72	0.87	26.89 26.66	0.87	25.67 25.14



Şekil 4.1. Buğday embriyosunun farklı sıcaklıklardaki adsorpsiyon izoterm grafikleri

Çizelge 4.1 ve Şekil 4.1 incelendiğinde buğday embriyolarının nem içeriklerinin su aktivitesi artışı ile arttığı, sıcaklık artışı ile azaldığı ve ayrıca sabit su aktivitesi değerinde de sıcaklık artışı ile azaldığı tespit edilmiştir.

Sabit sıcaklıkta artan su aktivitesi değerleri ile birlikte buğday embriyosu örneklerinin nem içeriklerinin artması, ortamda bulunan su molekülleri miktarının artmasından kaynaklanmaktadır. Ortamda artan su molekülleri örnek üzerindeki aktif uçlara ve diğer su moleküllerine hidrojen bağı ile bağlanarak ve örnekteki kapiller boşlukları doldurarak örneklerin nem içeriğinin artmasına neden olmuştur.

Artan sıcaklık ile örneklerin su içeriklerinin azalması ise yüksek sıcaklıkta su moleküllerinin kinetik enerjisinin artmasından ve hidrojen bağının ekzotermik bir reaksiyon ile oluşmasından kaynaklanmaktadır. Ortamda hareketliliği artan su moleküllerinin örneğe hidrojen bağı ile bağlanamaması örneğin su içeriğinin sıcaklık artışı ile azalmasına neden olmuştur.

Sabit su aktivitesi değerlerinde sıcaklık artışı ile birlikte sorpsiyon miktarının azalması da yine su moleküllerinin yüksek kinetik enerjisi nedeniyle örneğe bağlanamamasından, ekzotermik bir reaksiyon olan hidrojen bağı oluşumunun artan sıcaklık ile zorlaşmasından ve kapiller sistemin görece boşalmasından kaynaklanmaktadır.

Sorpsiyon ortamında bulunan su molekülleri, örneklerin yüzeyinde bulunan polar uçlara ya da kapiller sistemlerine hidrojen bağları ile bağlanmakta ve artan sıcaklıkla birlikte bu bağlanmanın azalması sonucunda örneklerin sorpsiyon kapasitesi azalmaktadır (Ertugay ve Certel 2000; Avaira vd. 2004; Erbaş vd. 2005; Chuma vd. 2012).

Şekil 4.1 incelendiğinde buğday embriyosu sorpsiyon izotermelerinin iki bükülme ile üç bölüm içeren sigmoidal grafik biçiminde olduğu, grafiğin birinci bükülme bölgesinin yaklaşık 0.23 su aktivitesi değerinde, ikinci bükülme bölgesinin ise yaklaşık 0.57 su aktivitesi değerinde olduğu tespit edilmiştir. Bu sorpsiyon izotermelerinin birinci bükülmesine kadar olan bölümünde örnekte su bağlanmamış olan aktif uçlara su aktivitesi artışı ile birlikte yeni su molekülleri bağlanmakta ve yaklaşık birinci bükülmenin olduğu bölgede ise tüm aktif uçlar yalnızca bir tabaka su molekülü içerek şekilde su ile hidrojen bağı yapmış olarak tek tabaka nem içeriğini (m_0) oluşturmaktadır. Bu noktadan sonra artan su aktivitesi değeri örnekteki tek tabaka nem üzerine düzenli bir şekilde su tabakalarının hidrojen bağı ile ilave olmasına ve sorpsiyon izoterm grafiğinin ikinci bükülme noktasına kadar bu düzenli artış devam ederek örneğin çoklu tabaka su içeriğinin (m_m) oluşturmaya neden olmaktadır. İkinci bükülmeden sonra ise su molekülleri örnek içindeki kapiller boşluklara ve mikroporlara dolarak örnekte birçok bozucu reaksiyonun gerçekleştiği ve fizikokimyasal olarak özellikleri saf suyun özelliklerine yakın olan yığın suyu oluşturmaktadır (Bell ve Labuza 2000; Al-Mathlouthi 2001; Erbaş vd. 2005; Canovas vd. 2007; Aykın vd. 2015).

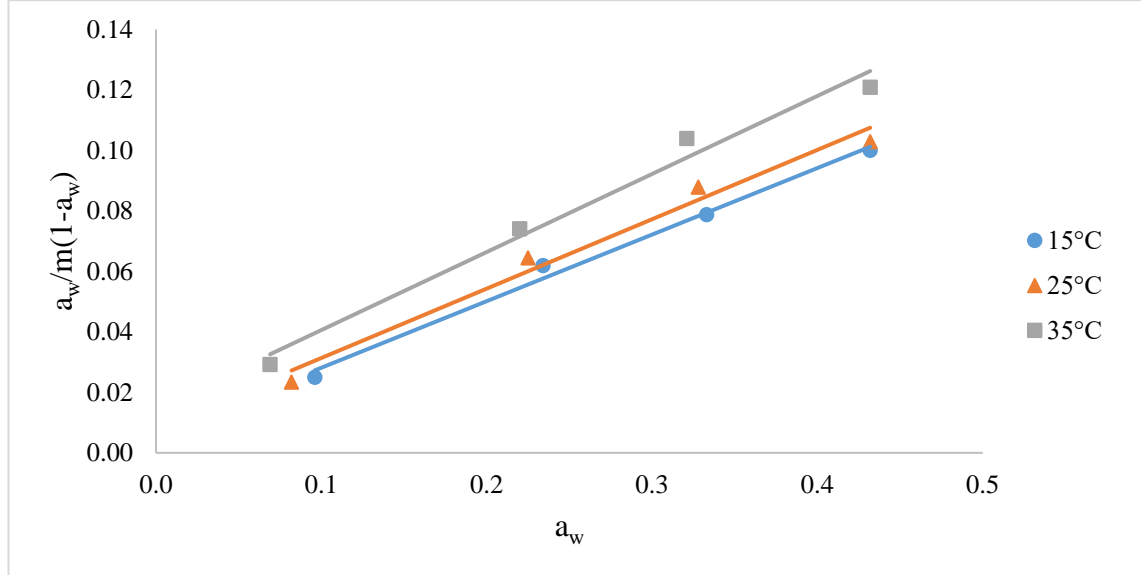
Bu nedenlerle; BET tarafından 5 tip olarak yapılmış olan sorpsiyon izotermi sınıflandırmasına göre buğday embriyosunun sorpsiyon izotermi sigmoidal biçimde olan tip II sınıfında yer aldığı, fiziksel ve çoklu tabaka bir sorpsiyonun gerçekleştiği ve embriyo örneklerinin kapiller sistemler ve mikroporlar içeren bir yapıya sahip olduğu değerlendirilmiştir.

4.2. Elde Edilen Adsorpsiyon Verilerinin Sorpsiyon İzoterm Eşitliklerine Uygunluklarının Araştırılması

Gıdaların nem sorpsiyon izotermelerini değerlendirmek amacıyla birçok sorpsiyon izoterm eşitliği geliştirilmiştir. Bu çalışmada deneysel olarak elde edilen nem sorpsiyon miktarlarının *BET*, *GAB*, *Halsey* ve *Henderson* eşitliklerine uygunluğu araştırılmış, deneysel verilerden hareketle eşitlikler çözülmüş, eşitlik sabitleri hesap edilmiş ve sonuçlar Çizelge 4.2’de verilmiştir.

4.2.1. BET eşitliği

Deneysel olarak elde edilen nem sorpsiyon verilerinin *BET* eşitliğine uygunluğunu tespit etmek amacıyla verilere lineer regresyon analizi uygulanarak 0.432 su aktivitesi değerlerine kadar olan a_w değerlerine karşı $a_w/m(1-a_w)$ değerleri grafik edilmiş, elde edilen grafiklerin $y = b + ax$ şeklinde bir doğru grafiği eşitliğine uygun olduğu tespit edilmiş (Şekil 4.2), doğruların eğim ve kesim noktalarından *BET* eşitliği sabitleri m_0 ve C değerleri hesaplanmış ve bu eşitliğe ait sabitler, regresyon kat sayıları ve bağıl hata değerleri ($\%E$) Çizelge 4.2’de verilmiştir.



Şekil 4.2. BET eşitliğinin çözümü için kullanılan doğrular

BET eşitliğinin bir sabiti olan m_0 değeri, örneğin su tutma kapasitesine sahip olan tüm polar uçların tek bir tabaka halinde su ile kaplandığı anda örneğin sahip olduğu su içeriğini ifade etmektedir (Erbaş vd. 2005; Andrade vd. 2011).

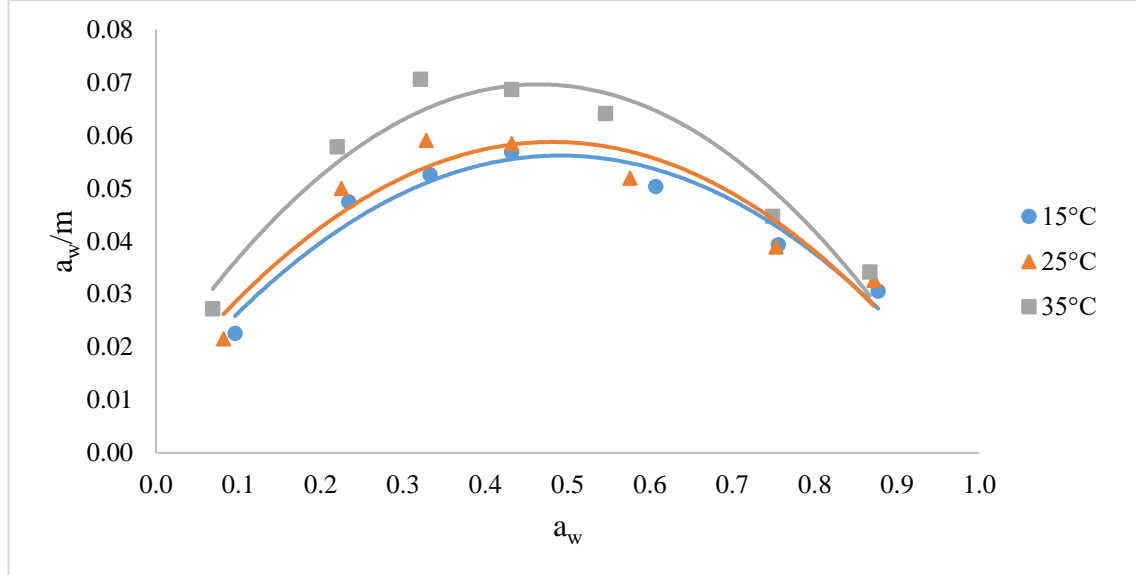
BET eşitliğinin bir diğer sabiti olan *C* sabiti ise, örneğin tek tabaka nem içeriğini oluşturan su moleküllerinin kimyasal potansiyeli ile ilgili ve sıcaklık ve örneğe bağlı olarak farklı değerler alabilen bir sabittir (Timmermann vd. 2001).

Çizelge 4.2 incelendiğinde sıcaklık artışı ile birlikte tek tabaka nem içeriğini temsil eden m_0 değerinde meydana gelen azalmanın; artan sıcaklık ile birlikte sorpsiyon ortamında bulunan su moleküllerinin kinetik enerjilerinin artmasıyla hidrojen bağı yapma kapasitesinin azalmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Sıcaklık artışı ile azalan *C* sabiti değerleri de bu açıklamayı desteklemektedir.

Ayrıca eşitlik ile hesap edilen örnek nem içeriği değerlerinin deneysel nem içeriği verilerine uyumunu tahmin etmek için kullanılan bağıl hata değerinin (%*E*) %10 değerinden düşük olarak hesap edilmiş olması *BET* eşitliğinin 0.423 a_w değeri altında buğday embriyosu nem içeriği değerlerini başarılı bir şekilde tahmin etmede kullanılabileceği değerlendirilmiştir.

4.2.2. GAB eşitliği

Deneysel olarak elde edilen nem sorpsiyon verilerinin *GAB* eşitliğine uygunluğu tespit etmek amacıyla eşitlik, su aktivitesinin bir fonksiyonu olarak yeniden düzenlenmiş, verilere lineer olmayan regresyon analizi uygulanarak a_w değerine karşı a_w/m değerleri grafik edilmiş (Şekil 4.3), elde edilen 2.dereceden polinom grafikleri kullanılarak *GAB* eşitliği sabitleri m_0 , k_b ve *C* değerleri hesaplanmış ve bu eşitliğe ait sabitler, regresyon kat sayıları ve bağıl hata değerleri (%*E*) Çizelge 4.2’de verilmiştir.



Şekil 4.3. *GAB* eşitliğinin çözümü için kullanılan polinom grafikleri

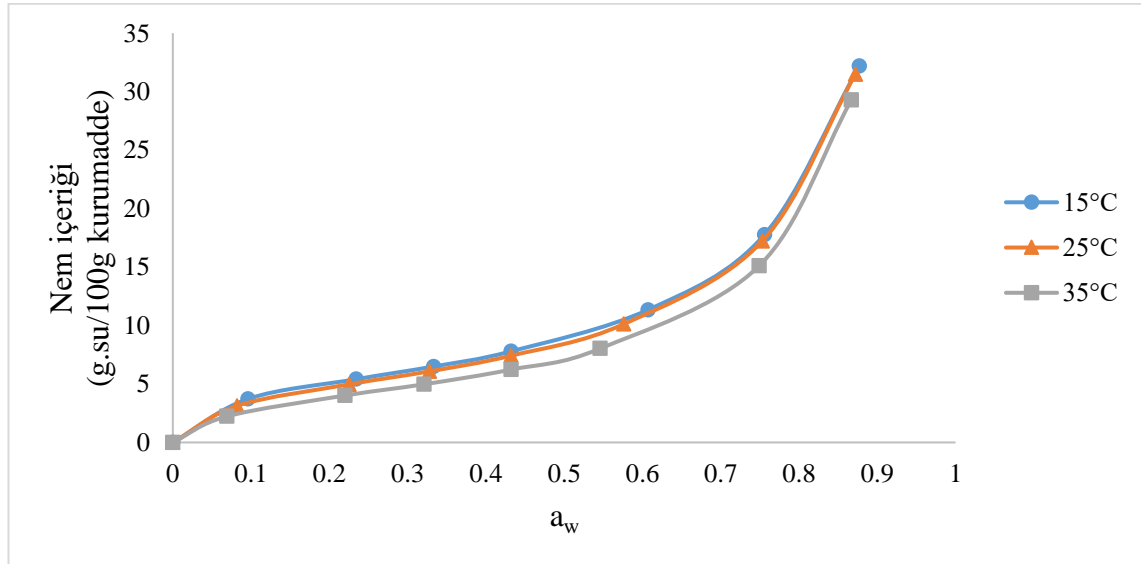
GAB eşitliğinin bir sabiti olan m_0 değeri, örneğin su tutma kapasitesine sahip olan tüm polar uçların tek bir tabaka halinde su ile kaplandığı anda örneğin sahip olduğu su içeriğini ifade ederken *C* değeri ise tek tabaka nem içeriğinin örneğe bağlanma enerjisini ifade eden bir sabit olarak tanımlanmaktadır (Timmermann vd. 2001; Erbaş vd. 2005).

GAB eşitliğinin bir diğer sabiti olan k_b sabiti ise çoklu tabaka suyun bağlanma enerjisi ve ayrıca çoklu tabaka su ile yığın su arasındaki kimyasal potansiyel fark hakkında bilgiler veren bir sabit olup eşitliklerde 0.7 ila 1 arasında değerler alması modelin uygunluğunu da göstermektedir (Staudt vd. 2013; Erbaş vd. 2016a).

C sabiti hem BET hem de GAB eşitliğinde izoterm tipine bağlı olarak 1 ila 200 arasında bir değer almaktadır. C sabitinin 50-200 arasındaki değerleri Tip I, 2-50 arasındaki değerleri Tip II ve 0-2 arasındaki değerleri ise Tip III sorpsiyon izotermi ifade etmektedir (Hazaveh vd. 2015; Erbaş vd. 2016a). Hem BET hem de GAB eşitliğinde C sabiti 14.51-45.82 aralığında hesaplandığı için buğday embriyosu örneklerinin C değerine göre de Tip II izoterm gösterdiği belirlenmiştir.

GAB eşitliğinde hesaplanan m_0 değerlerinin BET eşitliğine göre hesaplanan m_0 değerlerinden daha yüksek olmasının, GAB eşitliğinin düzenlenme kabulleri ve çözümü için daha geniş bir su aktivitesi aralığının kullanılmasından kaynaklandığı düşünülmüştür. Literatürde benzer sonuçlar başka araştırmalarda da belirlenmiştir (Toğrul ve Arslan 2007; Martinez-Monteağudo ve Salais-Fierro 2014; Sormoli ve Langrish 2015; Gili vd. 2017).

Ayrıca eşitlik ile hesap edilen örnek nem içeriği değerlerinin deneysel nem içeriği verilerine uyumunu tahmin etmek için kullanılan bağıl hata değerinin (%E) %10 değerinden düşük olarak hesap edilmiş olması GAB eşitliğinin tüm su aktivitesi değerleri için buğday embriyosu nem içeriği değerini başarılı bir şekilde tahmin etmede kullanılabilceği değerlendirilmiştir. Eşitlik ile hesap edilen örnek nem içeriklerine ait sorpsiyon izotermi Şekil 4.4’de verilmiştir.

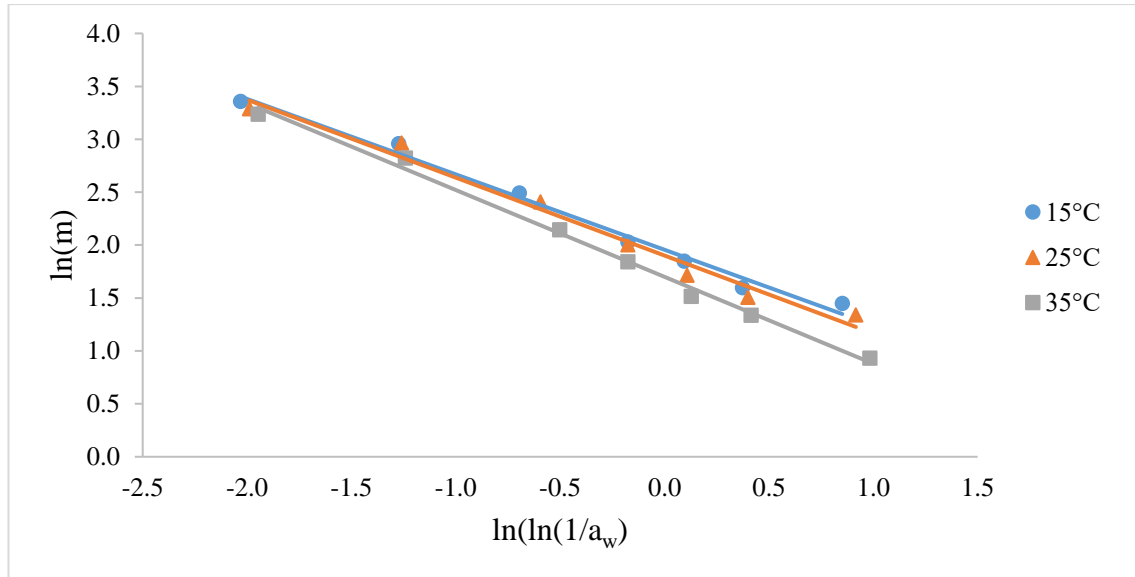


Şekil 4.4. GAB eşitliği ile hesap edilen nem içeriklerine ait farklı sıcaklardaki adsorpsiyon izotermi

4.2.3. Halsey eşitliği

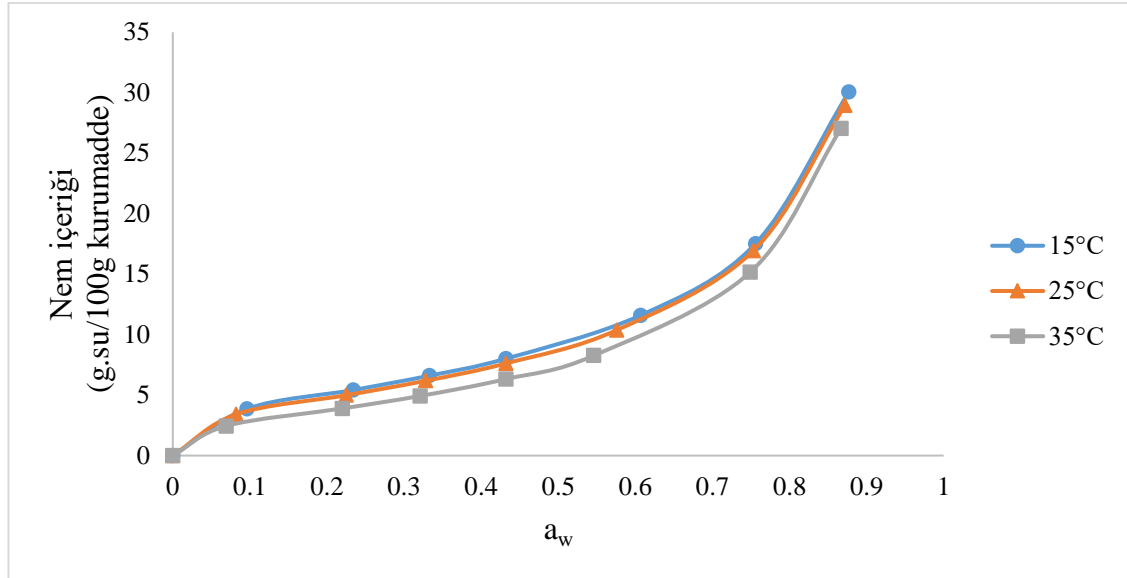
Deneysel olarak elde edilen nem sorpsiyon verilerinin *Halsey* eşitliğine uygunluğunu tespit etmek amacıyla verilere lineer regresyon analizi uygulanarak $\ln(\ln(1/a_w))$ değerlerine karşı $\ln m$ değerleri grafik edilmiş, elde edilen grafiklerin $y = b + ax$ şeklinde bir doğru grafiği eşitliğine uygun olduğu tespit edilmiş (Şekil 4.5), doğruların eğim ve kesim noktalarından *Halsey* eşitliği sabitleri n ve C değerleri hesaplanmış ve bu eşitliğe ait sabitler, regresyon kat sayıları ve bağıl hata değerleri (%E) Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Halsey eşitliğinde bulunan n ve C sabitleri *BET* ve *GAB* eşitliğindeki m_0 gibi bir sabit olarak düşünülebilir. *Halsey* eşitliğinin bir sabiti olan n , su moleküllerinin boşta olan polar uçlara bağlanma enerjisi hakkında bilgi verirken, bir diğer sabit olan C ise örneğin mikroporoz yapısı ve sorpsiyon kapasitesi hakkında bilgi vermektedir. Sıcaklık artışı ile birlikte hem n ve C sabitleri değerlerinin hem de *BET* ve *GAB* eşitliklerindeki m_0 değerlerinin düşmesi, bağlanma enerjisinin ve sorpsiyon kapasitesinin düştüğünü desteklemektedir.



Şekil 4.5. Halsey eşitliğinin çözümü için kullanılan doğrular

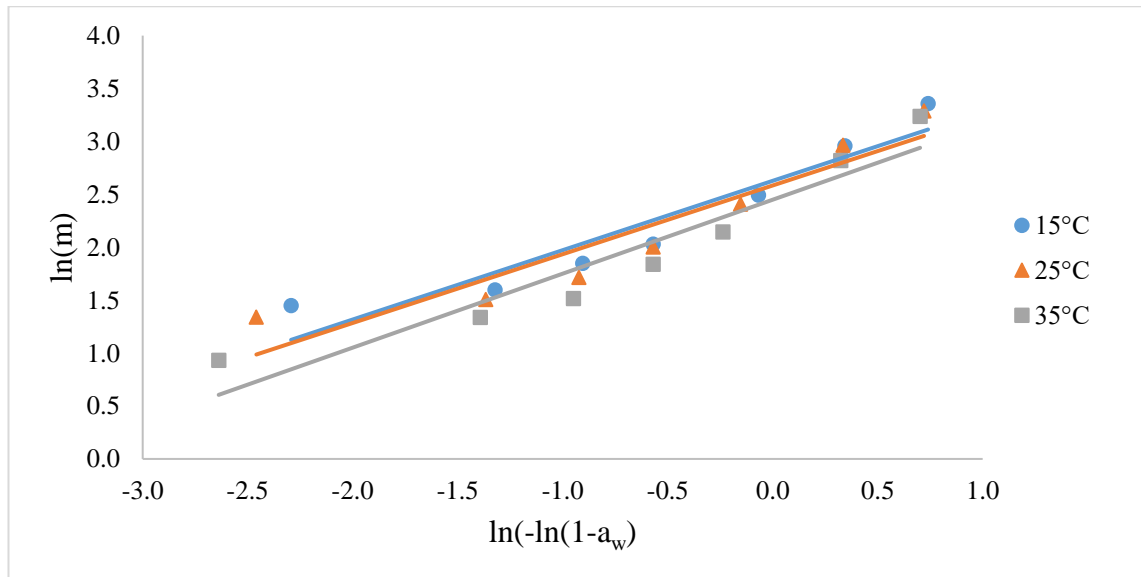
Eşitlik ile hesap edilen örnek nem içeriği değerlerinin deneysel nem içeriği verilerine uyumunu tahmin etmek için kullanılan bağıl hata değerinin (%E) %10 değerinden düşük olarak hesap edilmiş olması *Halsey* eşitliğinde tüm su aktivitesi değerleri için buğday embriyosu nem içeriği değerlerini başarılı bir şekilde tahmin etmede kullanılabileceği değerlendirilmiştir. Yapılan çeşitli çalışmalarda da sıcaklık artışı ile birlikte n ve C sabitlerinde azalma gerçekleştiği bildirilmiştir (Ertugay ve Certel 1999; Ertekin ve Sultanoğlu 2001; Erbaş 2005; Vega vd. 2009). Eşitlik ile hesap edilen örnek nem içeriklerine ait sorpsiyon izotermi Şekil 4.6’da verilmiştir.



Şekil 4.6. Halsey eşitliği hesap edilen nem içeriklerine ait ile farklı sıcaklardaki adsorpsiyon izotermi

4.2.4. Henderson eşitliği

Deneysel olarak elde edilen nem sorpsiyon verilerinin *Henderson* eşitliğine uygunluğunu tespit etmek amacıyla verilere lineer regresyon analizi uygulanarak $\ln(-\ln(1-a_w))$ değerlerine karşı $\ln m$ değerleri grafik edilmiş, elde edilen grafiklerin $y = b + ax$ şeklinde bir doğru grafiği eşitliğine uygun olduğu tespit edilmiş (Şekil 4.7), doğruların eğim ve kesim noktalarından *Henderson* eşitliği sabitleri A ve B değerleri hesaplanmış ve bu eşitliğe ait sabitler, regresyon kat sayıları ve bağıl hata değerleri (%E) Çizelge 4.2'de verilmiştir.



Şekil 4.7. Henderson eşitliğinin çözümü için kullanılan doğrular

Henderson eşitliğinde bulunan *A* ve *B* sabitleri örneğin nem sorpsiyonu için mikroporoz yapının kararlılığını göstermekte olup (Henderson 1952)., sabitlerin değeri ne kadar büyükse örneklerin mikroporoz yapısının da o kadar kararlı olduğunu göstermektedir (Ertugay ve Certel 1999; Erbaş vd. 2005). Çizelge 4.2 incelendiğinde sıcaklık artışı ile birlikte *B* değerlerinde bir düşüş, *A* değerlerinde ise bir artış gerçekleşmesi, buğday embriyosu örneklerinin mikroporoz yapı kararlılığında bir azalış gerçekleştiğini göstermektedir.

Eşitlik ile hesap edilen örnek nem içeriği değerlerinin deneysel nem içeriği verilerine uyumunu tahmin etmek için kullanılan bağıl hata değerinin (%*E*) %10 değerinden büyük hesap edilmiş olması *Henderson* eşitliğinin kullanılan tüm su aktivitesi değerleri için buğday embriyosu nem içeriği değerini tahmin etmede kullanımının uygun olmayacağı değerlendirilmiştir.

Yapılan çalışmada deneysel ve teorik olarak elde edilen nem sorpsiyon verilerinin uyumunu gösteren bağıl hata (%*E*) değeri, her bir eşitlikte belirlenen sıcaklıklar için hesaplanmış, elde edilen %*E* değerlerinin aritmetik ortalamasına göre buğday embriyosu örneklerini en iyi temsil eden sorpsiyon eşitliği sıralamasının *Halsey* > *BET* > *GAB* > *Henderson* şeklinde olduğu belirlenmiştir. *Henderson* eşitliğinde %*E* değerleri %10'dan daha yüksek olduğu için buğday embriyosu örneklerini iyi bir şekilde temsil etmeyeceği değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.2. Farklı sorpsiyon izoterm eşitliklerine ait sabitler, regresyon kat sayıları ve bağıl hata değerleri

Eşitlik	Sabit	15°C	25°C	35°C
<i>BET</i>	<i>C</i>	36.899	28.214	18.440
	<i>m₀</i>	4.420	4.205	3.665
	<i>R²</i>	0.992	0.980	0.982
	% <i>E</i>	4.471	7.678	6.187
<i>GAB</i>	<i>C</i>	23.101	19.378	16.016
	<i>kb</i>	0.972	0.982	0.999
	<i>m₀</i>	4.790	4.571	3.813
	<i>R²</i>	0.934	0.881	0.933
	% <i>E</i>	6.556	9.443	7.380
<i>Halsey</i>	<i>c</i>	15.560	13.233	7.939
	<i>n</i>	1.403	1.358	1.219
	<i>R²</i>	0.989	0.981	0.994
	% <i>E</i>	5.746	7.850	4.246
<i>Henderson</i>	<i>B</i>	1.526	1.539	1.431
	<i>A</i>	0.018	0.019	0.030
	<i>R²</i>	0.903	0.889	0.908
	% <i>E</i>	16.603	18.674	18.968

4.3. Depolanan Örneklere ait Analiz Bulguları

4.3.1. Depolamaya alınan örneklerin özellikleri

BET ve *GAB* eşitliği aracılığı ile tüm sıcaklıklarda hesaplanan buğday embriyosunun ortalama tek tabaka nem içeriği 4.25 g.su/100g kurumadde olarak belirlenmiştir. Buğday embriyosu örneği vakumlu etüvde oda sıcaklığında hesaplanan tek tabaka nem içeriğine kadar kurutulmuş ve sonra kurutulmuş ve doğal halde (kontrol) olan örnekler depolanarak depolama süresince değişimler takip edilmiştir. Depolamaya alınan örneklerin toplam lipit içeriği kurumadde bazında ortalama %13.15 olarak tespit edilmiştir. Embriyonun yağ asidi profili ise Çizelge 4.3’de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Buğday embriyosunun temel yağ asidi profili

Yağ asitleri	Palmitik asit	Stearik asit	Oleik asit	Linoleik asit	Linolenik asit
Oran (%)	26.74 ± 0.02	6.33 ± 0.02	20.88 ± 0.03	35.53 ± 0.07	7.23 ± 0.10

Buğday embriyosu örneklerinin yağ asidi profili incelendiğinde, yapılmış olan çeşitli çalışmalara göre; palmitik ve stearik asit içeriğinin yüksek, oleik ve linolenik asit içeriğinin benzer ve linoleik asit içeriğinin ise düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun; kullanılan buğday çeşidinin özelliklerinden kaynaklanabileceği değerlendirilmiştir. Yapılmış olan bir çalışmada (Güven ve Kara 2015) farklı buğday çeşitlerinden elde edilmiş olan embriyoların yağ asidi profillerinin birbirinden farklı olduğu bildirilmiştir.

4.3.2. Nem içeriği ve su aktivitesi analizine ait bulgular

Farklı başlangıç nem içeriği, depolama sıcaklığı ve depolama süresinde buğday embriyolarının nem içeriği ve su aktivitesi değerlerine ait I. ve II. tekerrür verileri Çizelge 4.4’de, bu verilere uygulanan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.5’de ve varyasyon kaynakları ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.6’da verilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre; buğday embriyosu örneklerinin nem içeriği ve su aktivitesi değerleri depolama başlangıç nem içeriği ve süresinden istatistiksel olarak önemli ($p < 0.01$, $p < 0.05$) bir şekilde etkilenirken depolama sıcaklığından etkilenmemiştir ($p > 0.05$).

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre; tek tabaka nem içeriğinde depolamaya alınan örneğin beklentiye uygun olarak nem içeriği ve su aktivitesi değerleri kontrol örneğinden daha düşük olarak tespit edilmiştir. Bu durumun; örneklerin tek tabaka nem içeriğine kadar kurutulması sırasında yapısında bulunan suyun uzaklaştırılmasından kaynaklandığı bilinmektedir.

Depolama süresi ise örneklerin nem içeriği ve su aktivitesi değerlerini yükseltici bir etki yapmıştır. Esasen bu yükseltici etkinin Çizelge 4.2 incelendiğinde tek tabaka nem içeriğinde depolanan örneklerin yüksek oranda ortamdaki su adsorbe etmesinden kaynaklandığı tespit edilmiştir. Bu durumun; depolama ortamındaki su buharının görece yüksek bağıl nemine bağlı kimyasal potansiyeli, tek tabaka nem içeriğinde depolanan örneğin su aktivitesine bağlı kimyasal potansiyelden daha yüksek olması nedeniyle ortamdaki su buharının ambalaj materyalini geçerek örneğe transfer olmasından kaynaklandığı değerlendirilmiştir.

Yapılmış olan çeşitli çalışmalarda herhangi bir işlem uygulanmamış buğday embriyosunun nem içeriğinin %10- %12 arasında olduğu bildirilmiştir (Bilgiçli vd. 2006; Marti vd. 2014; Zou vd. 2018).

Çizelge 4.4. Farklı başlangıç nem içeriği, depolama sıcaklığı ve depolama süresinde buğday embriyolarının nem içeriği ve su aktivitesi değerlerine ait I. ve II. tekerrür verileri

Sıcaklık (°C)	Süre (gün)	Depolama Nem içeriği (g.su/100g kurumadde)				Su aktivitesi			
		Tek tabaka nem içeriğindeki örnek (m_0)		Doğal nem içeriğindeki örnek (m_k)		Tek tabaka nem içeriğindeki örnek (m_0)		Doğal nem içeriğindeki örnek (m_k)	
4	0.	4.54	4.54	14.28	14.28	0.23	0.23	0.68	0.69
	7.	5.86	5.93	15.04	14.99	0.26	0.25	0.68	0.68
	14.	6.09	6.08	14.85	14.62	0.31	0.30	0.69	0.69
	21.	6.44	6.48	14.13	14.22	0.33	0.32	0.68	0.68
	28.	6.58	6.51	14.26	13.84	0.36	0.35	0.68	0.67
25	0.	4.59	4.52	14.19	14.85	0.24	0.24	0.68	0.68
	7.	5.94	5.92	13.81	14.05	0.27	0.26	0.68	0.68
	14.	5.98	5.90	14.52	14.59	0.31	0.31	0.68	0.68
	21.	6.30	6.06	14.64	14.76	0.35	0.35	0.67	0.68
	28.	6.38	6.17	14.67	14.82	0.38	0.36	0.67	0.67

Çizelge 4.5. Farklı başlangıç nem içeriği, depolama sıcaklığı ve depolama süresinde buğday embriyolarının nem içeriği ve su aktivitesi değerlerine ait varyans analiz sonuçları

VK	SD	Nem içeriği		Su aktivitesi	
		KO	F	KO	F
Depolama nem içeriği	1	744.77	33108.2**	1.43641	47880.30**
Sıcaklık	1	0.02	0.90	0.00016	5.33
Süre	4	1.21	54.02**	0.00495	165.21**
Hata	20	0.02		0.00003	

** p < 0.01, * 0.01 < p < 0.05

Çizelge 4.6. Farklı başlangıç nem içeriği, depolama sıcaklığı ve depolama süresinde buğday embriyolarının nem içeriği ve su aktivitesi değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

VK		N	Nem içeriği (g.su/100g kurumadde)	Su aktivitesi
Depolama nem içeriği	m ₀	20	5.84 ^b ± 0.16	0.30 ^b ± 0.01
	m _k	20	14.47 ^a ± 0.08	0.68 ^a ± 0.00
Sıcaklık (°C)	4	20	10.18 ^a ± 0.99	0.49 ^a ± 0.05
	25	20	10.13 ^a ± 1.01	0.49 ^a ± 0.04
Süre (gün)	0.	8	9.47 ^c ± 1.86	0.46 ^c ± 0.08
	7.	8	10.19 ^b ± 1.62	0.47 ^d ± 0.08
	14.	8	10.32 ^{ba} ± 1.63	0.50 ^c ± 0.07
	21.	8	10.37 ^a ± 1.54	0.51 ^b ± 0.06
	28.	8	10.40 ^a ± 1.51	0.52 ^a ± 0.06

4.3.3. pH ve titrasyon asitliği analizine ait bulgular

Farklı başlangıç nem içeriği, depolama sıcaklığı ve depolama süresinde buğday embriyolarının pH ve titrasyon asitliği değerlerine ait I. ve II. tekerrür verileri Çizelge 4.7’de, bu verilere uygulanan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.8’de ve varyasyon kaynakları ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.9’da verilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre; buğday embriyosu örneklerinin titrasyon asitliği değerleri üzerine tüm varyasyon kaynaklarının istatistiksel olarak önemli ($p < 0.01$, $p < 0.05$) bir etkisinin olduğu ve pH değerleri üzerine ise yalnızca depolama süresinin istatistiksel olarak önemli ($p < 0.01$) bir etkisinin olduğu belirlenmiştir.

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre; tek tabaka nem içeriğinde ve 4°C’de depolanan örneklerin titrasyon asitliği değerleri sırasıyla 0.06 ve 0.02 birim daha düşük olarak tespit edilmiştir. Bu durumun; tek tabaka nem içeriğinde ve düşük sıcaklıkta depolamanın örnekteki gliseritlerin hidrolizini kısmen engellenmesiyle daha az miktarda serbest yağ asidi oluşmasından kaynaklandığı değerlendirilmiştir.

Depolama süresine bağlı olarak ise örneklerin titrasyon asitliği değerinin 4 haftalık depolamanın sonunda 0.11 birim artarak %0.48’den %0.59’a yükseldiği ve pH değerinin ise artan titrasyon asitliğinden beklendiği gibi azaldığı belirlenmiştir. Bu durumun; uzayan depolama süresi ve uzayan depolama sürecindeki örneklerin nem içeriğinin (Çizelge 4.4) artmasından kaynaklandığı değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.7. Farklı başlangıç nem içeriği, depolama sıcaklığı ve depolama süresinde buğday embriyolarının pH ve titrasyon asitliği değerlerine ait I. ve II. tekerrür verileri

Sıcaklık (°C)	Süre (gün)	Titrasyon Asitliği (% Sülfürik asit)				pH			
		Tek tabaka nem içeriğindeki örnek (m ₀)		Doğal nem içeriğindeki örnek (m _k)		Tek tabaka nem içeriğindeki örnek (m ₀)		Doğal nem içeriğindeki örnek (m _k)	
4	0.	0.45	0.45	0.49	0.51	6.55	6.54	6.55	6.53
	7.	0.45	0.46	0.51	0.55	6.58	6.57	6.59	6.62
	14.	0.46	0.47	0.58	0.56	6.52	6.55	6.53	6.62
	21.	0.48	0.50	0.59	0.60	6.54	6.52	6.53	6.51
	28.	0.56	0.55	0.62	0.59	6.51	6.48	6.47	6.48
25	0.	0.47	0.43	0.49	0.51	6.58	6.54	6.51	6.56
	7.	0.49	0.48	0.48	0.53	6.60	6.61	6.65	6.67
	14.	0.52	0.49	0.59	0.55	6.56	6.54	6.53	6.49
	21.	0.52	0.54	0.62	0.57	6.53	6.50	6.50	6.50
	28.	0.60	0.61	0.61	0.61	6.47	6.50	6.43	6.43

Çizelge 4.8. Farklı başlangıç nem içeriği, depolama sıcaklığı ve depolama süresinde buğday embriyolarının pH ve titrasyon asitliği değerlerine ait varyans analizi sonuçları

VK	SD	Titrasyon Asitliği		pH	
		KO	F	KO	F
Depolama nem içeriği	1	0.0348	98.06**	0.0002	0.39
Sıcaklık	1	0.0020	5.52*	0.0002	0.39
Süre	4	0.0178	50.17**	0.0207	40.04**
Hata	20	0.0004		0.0005	

** p < 0.01, * 0.01 < p < 0.05

Çizelge 4.9. Farklı başlangıç nem içeriği, depolama sıcaklığı ve depolama süresinde buğday embriyolarının pH ve titrasyon asitliği değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

VK	N	Titrasyon Asitliği (% Sülfürik asit)		pH	
		m ₀	m _k		
Depolama nem içeriği	20	0.50 ^b ± 0.01		6.54 ^a ± 0.01	
	20		0.56 ^a ± 0.01		6.54 ^a ± 0.01
Sıcaklık (°C)	20	0.52 ^b ± 0.01		6.54 ^a ± 0.01	
	20		0.56 ^a ± 0.01		6.54 ^a ± 0.01
Süre (gün)	8	0.48 ^d ± 0.01		6.55 ^b ± 0.01	
	8		0.49 ^d ± 0.01		6.61 ^a ± 0.01
	8	0.53 ^c ± 0.01		6.54 ^b ± 0.01	
	8		0.56 ^b ± 0.01		6.52 ^c ± 0.01
	8		0.59 ^a ± 0.01		6.47 ^d ± 0.01

4.3.4. Serbest yağ asitliği analizine ait bulgular

Farklı başlangıç nem içeriği, depolama sıcaklığı ve depolama süresinde buğday embriyolarının serbest yağ asitliği (%oleik asit) değerlerine ait I. ve II. tekerrür verileri Çizelge 4.10'da, bu verilere uygulanan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.11'de ve varyasyon kaynakları ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.12'de verilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre; buğday embriyo örneklerinin serbest yağ asitliği değerleri üzerine tüm varyasyon kaynaklarının istatistiksel olarak önemli ($p < 0.01$) bir etkisinin olduğu belirlenmiştir.

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre; serbest yağ asitliği üzerine depolama başlangıç nem içeriğinin etkisi incelendiğinde, kontrol örneği olarak doğal nem içeriğinde depolanan örneklerin ortalama serbest yağ asitliğinin tek tabaka nem içeriğinde depolanan örneklerin ortalama serbest yağ asitliğine göre 2.27 birim daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun; artan su içeriği ile birlikte lipaz enziminin uygun üç boyutlu yapıya ulaşarak hidroliz faaliyetlerinin artmasından kaynaklandığı değerlendirilmiştir.

Depolama sıcaklığının serbest yağ asitliği üzerine etkisi incelendiğinde, 25°C'de depolanan örneklerin ortalama serbest yağ asitliğinin, 4°C'de depolanan örneklerin serbest yağ asitliği değerlerine göre 0.54 birim daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun; artan depolama sıcaklığıyla birlikte sıcaklığın hidrolitik kapasiteye sahip enzimlerin faaliyetlerini hızlandırıcı etkisinden kaynaklandığı değerlendirilmiştir. Farklı sıcaklıklarda depolanmış buğday embriyosu ile yapılan bir çalışmada; artan sıcaklıkla birlikte serbest yağ asitliği değerlerinin de arttığı ve bu durumun ise sıcaklık artışı ile birlikte lipaz aktivitesinin artmasından kaynaklandığı bildirilmiştir (Attia ve Abou-Gharbia 2011).

Depolama süresine bağlı olarak ise; örneklerin ortalama serbest yağ asitliği değerlerinin %2.56'dan %20.41 değerine yükseldiği tespit edilmiştir. Bu durumun; örneklerdeki gliserit yapısındaki lipitlerin depolama süresi boyunca hidrolize uğratılmasından kaynaklandığı değerlendirilmiştir. Yapılan bir başka çalışmada ise 35 gün boyunca depolanan buğday embriyosu örneklerinin serbest yağ asitliği değerlerinin ortalama %3.9'dan %9.8'e yükseldiği tespit edilmiştir (Capitani vd. 2011).

Çizelge 4.10. Farklı başlangıç nem içeriği, depolama sıcaklığı ve depolama süresinde buğday embriyolarının serbest yağ asitliği değerlerine ait I. ve II. tekerrür verileri

Sıcaklık (°C)	Süre (gün)	Serbest yağ asitliği (% Oleik asit)			
		Tek tabaka nem içeriğindeki örnek (m ₀)		Doğal nem içeriğindeki örnek (m _k)	
4	0.	2.41	2.80	2.41	2.41
	7.	6.00	6.03	7.81	7.60
	14.	12.06	12.65	16.41	16.22
	21.	16.41	16.04	18.98	18.79
	28.	18.46	18.20	21.42	21.58
25	0.	2.81	2.39	2.82	2.40
	7.	7.20	6.78	8.98	8.99
	14.	14.04	13.37	17.12	17.03
	21.	16.81	16.77	19.64	19.97
	28.	19.56	19.21	21.93	22.93

Çizelge 4.11. Farklı başlangıç nem içeriği, depolama sıcaklığı ve depolama süresinde buğday embriyolarının serbest yağ asitliği değerlerine ait varyans analizi sonuçları

	VK	SD	KO	F
Depolama nem içeriği		1	51.64	672.71**
Sıcaklık		1	6.44	83.89**
Süre		4	444.35	5788.21**
Hata		20	0.07	

** p < 0.01, * 0.01 < p < 0.05

Çizelge 4.12. Farklı başlangıç nem içeriği, depolama sıcaklığı ve depolama süresinde buğday embriyolarının serbest yağ asitliği değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

VK		N	Serbest yağ asitliği (% Oleik asit)
Depolama nem içeriği	m ₀	20	11.50 ^b ± 1.40
	m _k	20	13.77 ^a ± 1.67
Sıcaklık (°C)	4	20	12.50 ^b ± 1.54
	25	20	13.04 ^a ± 1.58
Süre (gün)	0.	8	2.56 ^e ± 0.07
	7.	8	7.42 ^d ± 0.41
	14.	8	14.86 ^c ± 0.73
	21.	8	17.93 ^b ± 0.56
	28.	8	20.41 ^a ± 0.63

4.3.5. Peroksit sayısı analizine ait bulgular

Farklı başlangıç nem içeriği, depolama sıcaklığı ve depolama süresinde buğday embriyolarının peroksit sayısı (O_2 mEq/kg yağ) değerlerine ait I. ve II. tekerrür verileri Çizelge 4.13’de, bu verilere uygulanan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.14’de ve varyasyon kaynakları ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.15’de verilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre; buğday embriyosu örneklerinin peroksit sayıları üzerine tüm varyasyon kaynaklarının istatistiksel olarak önemli ($p<0.01$) bir etkisinin olduğu belirlenmiştir.

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre; lipitlerin oksidasyon derecesinin bir ölçüsü olan peroksit sayısı üzerine; depolama başlangıç nem içeriğinin etkisi incelendiğinde, kontrol örneği olarak doğal nem içeriğinde depolanan örneklerin ortalama peroksit sayısının tek tabaka nem içeriğinde depolanan örneklerin ortalama peroksit sayısına göre 0.49 birim daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun; artan su içeriği ile birlikte lipoksigenaz enzim faaliyetleri ve kimyasal oksidasyon nedenleriyle daha fazla miktarda doymamış lipitlerin okside olarak peroksit oluşturmamasından kaynaklandığı değerlendirilmiştir.

Depolama sıcaklığının peroksit sayısı üzerine etkisi incelendiğinde, $25^{\circ}C$ ’de depolanan örneklerin ortalama peroksit sayısının $4^{\circ}C$ ’de depolanan örneklerin peroksit sayısına göre 1.18 birim daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun; artan depolama sıcaklığıyla birlikte enzim faaliyetlerinin ve kimyasal reaksiyon hızlarının artmasından kaynaklandığı değerlendirilmiştir.

Depolama süresine bağlı olarak ise; örneklerin ortalama peroksit sayılarının 1.87’den 8.63’e yükseldiği tespit edilmiştir. Bu durumun; örneklerdeki lipitlerin yapısında bulunan doymamış bağların lipoksigenaz enzimi ve kimyasal reaksiyonlarla oksidasyona uğratılması ve bu şekilde başlayan oksidasyonun depolama süresince otooksidasyon ile devam etmesinden kaynaklandığı değerlendirilmiştir. Li vd. (2016) tarafından yapılan bir çalışmada 60 gün boyunca $40^{\circ}C$ ’de depolanan buğday embriyosu örneklerinin ortalama peroksit sayısının (O_2 mEq/kg yağ) 1.77’den 28.68’e yükseldiği bildirilmiştir.

Çizelge 4.13. Farklı başlangıç nem içeriği, depolama sıcaklığı ve depolama süresinde buğday embriyolarının peroksit sayısı değerlerine ait I. ve II. tekerrür verileri

Sıcaklık (°C)	Süre (gün)	Peroksit Sayısı (O ₂ mEq/ kg yağ)			
		Tek tabaka nem içeriğindeki örnek (m ₀)		Doğal nem içeriğindeki örnek (m _k)	
4	0.	1.25	1.25	1.25	1.25
	7.	1.87	1.86	1.87	7.87
	14.	3.12	3.71	3.73	4.36
	21.	6.24	6.83	6.85	7.45
	28.	7.45	8.07	8.10	8.73
25	0.	2.50	1.25	2.48	2.47
	7.	3.09	3.10	3.12	3.74
	14.	5.59	5.59	5.59	6.20
	21.	7.46	7.45	7.46	8.10
	28.	8.72	8.74	9.31	9.94

Çizelge 4.14. Farklı başlangıç nem içeriği, depolama sıcaklığı ve depolama süresinde buğday embriyolarının peroksit sayısı değerlerine ait varyans analizi sonuçları

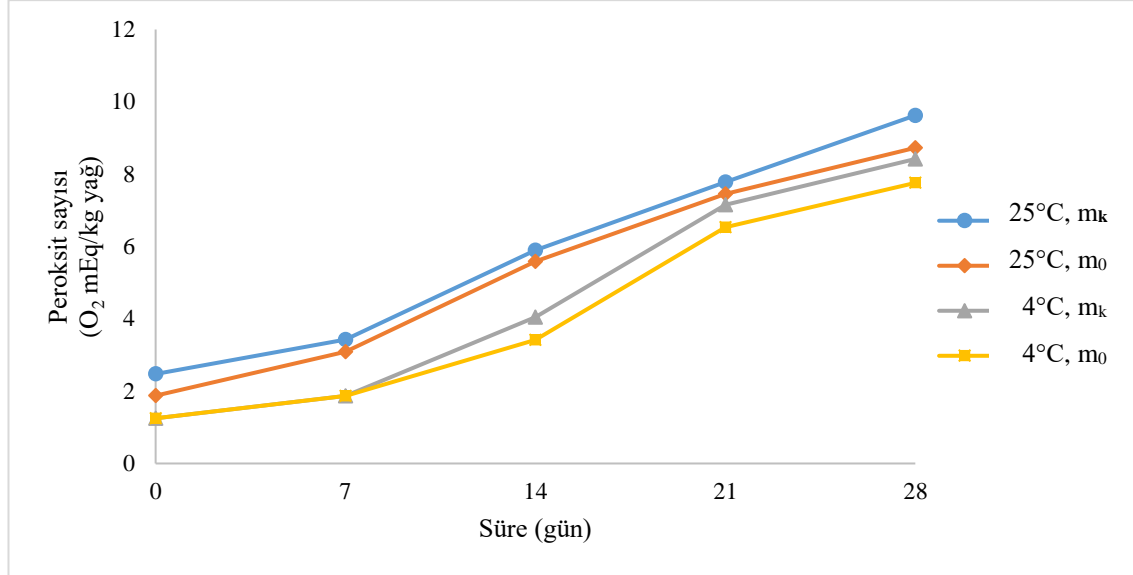
	VK	SD	KO	F
Depolama nem içeriği		1	2.48	14.45**
Sıcaklık		1	13.89	81.11**
Süre		4	67.99	397.07**
Hata		20	0.17	

** p <0.01, * 0.01 < p < 0.05

Çizelge 4.15. Farklı başlangıç nem içeriği, depolama sıcaklığı ve depolama süresinde buğday embriyolarının peroksit sayısı değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

	VK	N	Peroksit sayısı (O ₂ mEq/ kg yağ)
Depolama nem içeriği	m ₀	20	4.76 ^b ± 0.61
	m _k	20	5.25 ^a ± 0.63
Sıcaklık (°C)	4	20	4.42 ^b ± 0.61
	25	20	5.60 ^a ± 0.61
Süre (gün)	0.	8	1.87 ^e ± 0.23
	7.	8	2.57 ^d ± 0.27
	14.	8	4.74 ^c ± 0.40
	21.	8	7.23 ^b ± 0.20
	28.	8	8.63 ^a ± 0.27

Tüm peroksit sayısı sonuçları birlikte değerlendirildiğinde ise; depolama başlangıç nem içeriği olarak tek tabaka nem içeriğinin, düşük depolama sıcaklığının ve kısa depolama süresinin örnekleri oksidasyondan daha iyi koruduğu değerlendirilmiştir (Şekil 4.6)



Şekil 4.8. Depolama sürecinde peroksit sayısı değişimi

4.3.6. İyot sayısı analizine ait bulgular

Farklı başlangıç nem içeriği, depolama sıcaklığı ve depolama süresinde buğday embriyolarının iyot sayısı değerlerine ait I. ve II. tekerrür verileri Çizelge 4.16’da, bu verilere uygulanan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.17’de ve varyasyon kaynakları ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.18’de verilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre; buğday embriyosu örneklerinin iyot sayısı değerleri üzerine depolama sıcaklığı ve süresinin istatistiksel olarak önemli ($p < 0.01$) bir etkisinin olduğu, başlangıç nem içeriğinin ise istatistiksel olarak önemli ($p > 0.05$) bir etkinin olmadığı belirlenmiştir.

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre; depolama sıcaklığının lipidlerin doymamışlığının bir ölçüsü olan iyot sayısı üzerine etkisi incelendiğinde, 25°C’de depolanan örneklerin iyot sayısı değerinin 4°C’de depolanan örneklere göre 2.05 birim daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun; yüksek sıcaklıkta lipidlerin doymamış bölgelerinin lipoksigenaz enzim faaliyeti ve kimyasal yollarla daha yüksek oranda okside olarak doymamışlığın azalmasına neden olmasından kaynaklandığı değerlendirilmiştir. Depolama süresine bağlı olarak ise; örneklerin iyot sayısı değerlerinin 134.65’den 125.98’e düştüğü tespit edilmiştir. Bu durumun; uzayan depolama sürecinde lipoksigenaz enzim faaliyeti ve kimyasal oksidasyon sonucu lipidlerdeki doymamışlığın okside olmasından kaynaklandığı değerlendirilmiştir. Bu açıklamaların peroksit analizine ait bulgular (Çizelge 4.15) tarafından da desteklendiği görülmektedir.

Buğday embriyosu yağı üzerine yapılan çeşitli çalışmalarda iyot sayısı; Güven ve Kara (2015) tarafından 130.22-135.30 aralığında ve Barnes (1984) tarafından 120-130 aralığında belirlenmiştir.

Çizelge 4.16. Farklı başlangıç nem içeriği, depolama sıcaklığı ve depolama süresinde buğday embriyolarının iyot sayısı değerlerine ait I. ve II. tekerrür verileri

Sıcaklık (°C)	Süre (gün)	İyot sayısı			
		Tek tabaka nem içeriğindeki örnek (m ₀)		Doğal nem içeriğindeki örnek (m _k)	
4	0.	138.57	135.10	136.99	134.59
	7.	134.85	130.76	133.33	134.92
	14.	132.33	129.76	128.86	133.96
	21.	130.51	128.83	126.18	128.82
	28.	129.05	127.85	126.16	126.42
25	0.	132.09	134.22	133.71	134.08
	7.	131.03	130.99	132.49	134.62
	14.	130.53	128.59	128.12	128.82
	21.	130.29	124.57	129.56	127.16
	28.	126.90	123.57	121.93	125.64

Çizelge 4.17. Farklı başlangıç nem içeriği, depolama sıcaklığı ve depolama süresinde buğday embriyolarının iyot sayısı değerlerine ait varyans analizi sonuçları

VK	SD	KO	F
Depolama nem içeriği	1	0.04	0.01
Sıcaklık	1	42.15	10.60**
Süre	4	97.32	24.47**
Hata	20	3.97	

** p < 0.01, * 0.01 < p < 0.05

Çizelge 4.18. Farklı başlangıç nem içeriği, depolama sıcaklığı ve depolama süresinde buğday embriyolarının iyot sayısı değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

VK	N	İyot Sayısı
Depolama nem içeriği	m ₀	20
	m _k	20
Sıcaklık (°C)	4	20
	25	20
Süre (gün)	0.	8
	7.	8
	14.	8
	21.	8
	28.	8

4.3.7. Özgül soğurma değeri analizine ait bulgular

Farklı başlangıç nem içeriği, depolama sıcaklığı ve depolama süresinde buğday embriyolarının özgül soğurma değerlerine ait I. ve II. tekerrür verileri Çizelge 4.19’da, bu verilere uygulanan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.20’de ve varyasyon kaynakları ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.21’de verilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre; buğday embriyosu örneklerinin özgül soğurma değerleri üzerine tüm varyasyon kaynaklarının istatistiksel olarak önemli ($p<0.01$) bir etkisinin olduğu belirlenmiştir.

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre; örneklerin konjuge dienlerden kaynaklanan özgül soğurma değerleri (K_{232}) incelendiğinde, kontrol örneği olarak doğal nem içeriğinde depolanan örneklerin özgül soğurma değerleri tek tabaka nem içeriğinde depolanan örneklerin ortalama özgül soğurma değerlerine göre 0.03 birim daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Depolama sıcaklığının özgül soğurma değerleri üzerine etkisi incelendiğinde, 25°C’de depolanan örneklerin özgül soğurma değerlerinin, 4°C’de depolanan örneklerin özgül soğurma değerlerine göre 0.05 birim daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun; yüksek su içeriği ve sıcaklıkta birincil oksidasyon ürünleri olan hidroperoksitlerin oluşumunun yüksek olmasından kaynaklandığı değerlendirilmiştir.

Depolama süresine bağlı olarak ise; örneklerin ortalama özgül soğurma değerlerinin %0.37’den %0.84’e yükseldiği tespit edilmiştir. Bu durumun; embriyoda yüksek miktarda bulunan linoleik ve linolenik asit gibi doymamış yağ asitlerinin yapısında bulunan çift bağların, lipoksigenaz enzim faaliyetleri ve kimyasal oksidasyon ile okside olarak hidroperoksitleri oluşturması ve depolama sürecinde de bu hidroperoksit oluşumunun devam etmesinden kaynaklandığı değerlendirilmiştir.

Yapılan bir çalışmada 2 farklı sıcaklıkta (4 ve 25°C) depolanan zeytin yağı örneklerinin K_{232} değerlerinin 4°C’de depolanan örneklerde daha düşük olduğu ve depolama sürecinde örneklerin K_{232} değerlerinin arttığı bildirilmiştir (Yıldırım, 2009).

Çizelge 4.19. Farklı başlangıç nem içeriği, depolama sıcaklığı ve depolama süresinde buğday embriyolarının özgül soğurma değerlerine ait 1. ve 2. tekerrür verileri

Sıcaklık (°C)	Süre (gün)	Özgül soğurma değeri (%)			
		Tek tabaka nem içeriğindeki örnek (m ₀)		Doğal nem içeriğindeki örnek (m _k)	
4	0.	0.37	0.35	0.38	0.40
	7.	0.50	0.50	0.56	0.42
	14.	0.64	0.58	0.55	0.64
	21.	0.69	0.72	0.76	0.74
	28.	0.69	0.68	0.74	0.75
25	0.	0.37	0.35	0.38	0.40
	7.	0.52	0.43	0.50	0.53
	14.	0.66	0.65	0.63	0.66
	21.	0.72	0.72	0.79	0.72
	28.	0.91	0.90	0.93	0.97

Çizelge 4.20. Farklı başlangıç nem içeriği, depolama sıcaklığı ve depolama süresinde buğday embriyolarının özgül soğurma değerlerine ait varyans analizi sonuçları

VK	SD	KO	F
Depolama nem içeriği	1	0.0059	4.67**
Sıcaklık	1	0.0265	20.95**
Süre	4	0.2687	211.87**
Hata	20	0.0012	

** p < 0.01, * 0.01 < p < 0.05

Çizelge 4.21. Farklı başlangıç nem içeriği, depolama sıcaklığı ve depolama süresinde buğday embriyolarının özgül soğurma değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

VK	N	Özgül soğurma (%)
Depolama nem içeriği	m ₀	0.60 ^b ± 0.04
	m _k	0.63 ^a ± 0.04
Sıcaklık (°C)	4	0.59 ^b ± 0.03
	25	0.64 ^a ± 0.04
Süre (gün)	0.	0.37 ^c ± 0.01
	7.	0.50 ^d ± 0.02
	14.	0.63 ^c ± 0.01
	21.	0.72 ^b ± 0.01
	28.	0.84 ^a ± 0.04

5. SONUÇLAR

Bu çalışma buğday embriyosunun sorpsiyon izotermelerinin belirlenmesi ve belirlenen tek tabaka nem içeriğinde depolanması şeklinde iki aşamalı olarak gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada buğday embriyosu örneklerinin 15, 25 ve 35°C’de sorpsiyon izotermeleri belirlenmiş, elde edilen sorpsiyon verilerinin çeşitli sorpsiyon eşitliklerine uyumu araştırılmış ve buğday embriyosu örneklerinin tek tabaka nem içeriği tespit edilmiştir.

Çalışmanın ikinci aşamasında ise; embriyolar doğal nem içeriğinde (14.39 g.su/100g kurumadde) ve tespit edilmiş olan tek tabaka nem içeriğine (4.25 g.su/100g kurumadde) kurutulmuş olarak 2 farklı su içeriğinde ve 2 farklı sıcaklıkta (4 ve 25°C) 28 gün boyunca depolanmış ve depolamanın 0., 7., 14., 21. ve 28. günlerinde örneklerde nem içeriği, su aktivitesi, pH değeri, titrasyon asitliği, serbest yağ asitliği, peroksit sayısı, iyot sayısı ve özgül soğurma değeri analizleri gerçekleştirilmiştir.

Yapılan analizler sonucunda elde edilmiş olan sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- Buğday embriyosu örneklerinin 15, 25 ve 35°C’deki sorpsiyon izotermelerinin BET sınıflandırmasına göre Tip II sorpsiyon izotermi gösterdiği tespit edilmiştir.
- Buğday embriyosu örneklerinin tek tabaka nem içeriği; BET ve GAB eşitliğine göre sırasıyla ortalama 4.10 ve 4.40 g.su/100g kurumadde olarak tespit edilmiştir.
- Seçilmiş olan sorpsiyon izoterm eşitliklerinin, buğday embriyosunun sorpsiyon izotermelerini en iyi temsil etme sıralamasının *Halsey*, *BET* ve *GAB* eşitlikleri şeklinde olduğu tespit edilmiştir.
- Depolanan buğday embriyolarının nem içeriği ve su aktivitesi değerleri üzerine, depolama nem içeriği ve süresinin istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir.
- Depolama süresince tek tabaka nem içeriğinde depolanan örneklerin yüksek oranda nem adsorbe etmesi nedeniyle nem içeriğinin 4.55 değerinden 6.41 g.su/100g kurumadde değerine yükseldiği ancak doğal nem içeriğinde depolanan örneklerin nem içeriğinin ise depolama sürecinden etkilenmeyerek ortalama 14.39 g.su/100g kurumadde olarak gerçekleştiği tespit edilmiştir.
- Depolama süresince tek tabaka nem içeriğinde depolanan örneklerin yüksek oranda nem adsorbe etmesi nedeniyle su aktivitesi değerinin 0.24 değerinden 0.36 değerine yükseldiği ancak doğal nem içeriğinde depolanan örneklerin su aktivitesi değerlerinin ise depolama sürecinden etkilenmeyerek ortalama 0.68 olarak gerçekleştiği tespit edilmiştir.

- Depolama sürecinde, tek tabaka nem içeriğinde ve 4°C’de depolanan örneklerin pH değerlerinin değişmediği, titrasyon asitliği değerlerinin ise kontrol örneklerine göre 0.05 birim kadar daha düşük olduğu, depolama süresince ortalama titrasyon asitliği değerlerinin %0.48’den %0.59’a yükseldiği, ortalama pH değerlerinin ise 6.55’den 6.47’e düştüğü tespit edilmiştir.
- Depolanan buğday embriyolarının serbest yağ asitliği üzerine; tüm varyasyon kaynaklarının önemli bir etkisinin olduğu belirlenmiştir. Tek tabaka nem içeriğinde ve 4°C’de depolanan örneklerin ortalama serbest yağ asitliği değerlerinin kontrol örneklerine göre daha düşük olduğu ve depolama boyunca serbest yağ asitliğinin %2.56’dan %20.41’e yükseldiği tespit edilmiştir.
- Depolanan buğday embriyolarının peroksit sayısı üzerine; tüm varyasyon kaynaklarının önemli bir etkisinin bulunduğu belirlenmiştir. Tek tabaka nem içeriğinde ve 4°C’de depolanan örneklerin peroksit sayısının kontrol örneklerine göre daha düşük olduğu ve depolama boyunca 1.87’den 8.63’e O₂ mEq/kg yağ yükseldiği tespit edilmiştir.
- Depolanan buğday embriyolarının iyot sayısı üzerine; depolama sıcaklığı ve depolama süresinin önemli bir etkisinin olduğu belirlenmiştir. Tek tabaka nem içeriği ve 4°C’de depolanan örneklerin iyot sayısının kontrol örneklerine göre daha yüksek olduğu ve depolama boyunca ortalama iyot sayısının 134.65’den 125.98’e düştüğü tespit edilmiştir.
- Depolanan buğday embriyolarının özgül soğurma değeri üzerine; tüm varyasyon kaynaklarının önemli bir etkisinin bulunduğu belirlenmiştir. Tek tabaka nem içeriğinde ve 4°C’de depolanan örneklerin özgül soğurma değerlerinin kontrol örneklerine göre daha düşük olduğu ve depolama boyunca özgül soğurma değerlerinin %0.37’den %0.84’e yükseldiği tespit edilmiştir.

Araştırma ile buğday embriyosunun; sorpsiyon izotermi, sorpsiyon verilerinin çeşitli eşitliklere uyumu, örneklerin depolanmasında; başlangıç nem içeriğinin, depolama sıcaklığının ve depolama süresinin örneklerin çeşitli özellikleri üzere etkileri ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir.

Sonuç olarak buğday embriyosunun su buharı geçirimsiz bir şekilde paketlenen sonra tek tabaka nem içeriğinde (4.10-4.40 g.su/100g kurumadde) ve düşük sıcaklıkta depolanmasının oksidasyonu yavaşlatma yoluyla embriyoların acılaşmasını azaltmak ve raf ömrünü uzatmak için uygulanabilecek bir yöntem olduğu belirlenmiştir.

6. KAYNAKLAR

- Aktaş, K., Bilgiçli, N. and Levent, H. 2015. Influence of wheat germ and β -glucan on some chemical and sensory properties of Turkish noodle. *Journal of Food Science and Technology*, 52(9): 6055-6060.
- Al-Muhtaseb A. H., McMinn, W. A. M. and Magee T. R. A. 2002. Moisture sorption isotherm characteristics of food products: A Review. *Trans IChemE*, 80: 118-128.
- Andrade R. D. P., Lemus, R. M. and Perez, C. E. C. 2011. Models of sorption isotherms for food: Uses and limitations. *Vitae*, 18(3): 325-334.
- Anonim, 1999a. Iodine Value of Fats and Oils-Cyclohexane-Acetic Acid Method. AACC International Method 58-30.02.
- Anonim, 1999b. Determination of Free Fatty Acids. AACC International Method 58-15.01.
- Anonim, 1999c. Determination of Peroxide Value-Acetic Acid-Chloroform Method. AACC International Method 58-16.01.
- Anonim, 1999d. Fatty Acid Composition by Gas Chromatography. AACC International Method 58-18.01.
- Anonim, 2000. Association of Official Analytical Chemists(AOAC), Official Methods of Analysis, 17th edition. AOAC, Washington DC.
- Anonim, 2006. Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' society(AOCS), Fourth Edition, Methods: Ch 5-91.
- Anonim, 2018a. Hububat Raporu 2017, Toprak Mahsulleri Ofisi Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim, 2018b. <http://www.fao.org/faostat/> Erişim Tarihi: 09.10.2018
- Anonim, 2018c. <http://www.tuik.gov.tr/Start.do> Erişim Tarihi: 09.10.2018
- Arendt E. K., and Zannini E. 2013. Cereal Grains for the Food and Beverage Industries. Elsevier, 512 p.
- Attia, R. S. and Abou-Gharbia H. A. 2011. Evaluation and Stabilization of Wheat Germ and Its Oil Characteristics. *Alexandria Journal of Food Science and Technology*, 8(2): 31-39.
- Avaira, N. A., Ajibola, O. O. and Oni, S. A. 2004. Sorption equilibrium and thermodynamic characteristics of soya bean. *Biosystems Engineering*, 87(2): 179-190
- Ayrancı, E., Ayrancı, G. And Dogantan, Z. 1990. Moisture sorption isotherms of dried apricot, fig and raisin at 20°C and 36°C. *Journal of Food Science*, 55: 1591-1593

- Aykın, E., Arslan, S., Durak, A. N. and Erbaş, M. 2015. Gıdalarda bulunan suyun fizikokimyasal durumu ve sorpsiyon izotermi. *Gıda*, 40: 1-8.
- Balderok, B., Mesdag, J., Donner, D. A. and Mesdag, H. 2000. Bread-making quality of wheat: A Century of Breeding in Europe. Springer Science & Business Media, 416p.
- Barnes, P. J. 1984. Wheat Germ Oil. In: Barnes, P. J. (Ed), Lipids in Cereal Technology. Academic Press, pp. 389-400.
- Basu S., Shivhare, U. S. and Mujumdar, A. S. 2006. Models for sorption isotherms for foods: A Review. *Drying Technology*, 24: 917-930.
- Belitz, H. D. and Grosch W. 2011. Food Chemistry. Springer Science & Business Media, 993 p.
- Bell, L. N. and Labuza, T. P. 2000. Moisture sorption: Practical Aspects of Isotherm Measurement and Use. American Association of Cereal Chemists Press, USA, 122 p.
- Bilgiçli, N., Elgün, A., Herken, E. N., Türker, S., Ertaş, N. and Ibanoglu, Ş. 2006. Effect of wheat germ/bran addition on the chemical, nutritional and sensory quality of tarhana, a fermented wheat flour-yoghurt product. *Journal of Food Engineering*, 77: 680-686.
- Brandolini, A. and Hidalgo, A. 2012. Wheat germ: not only a by-product. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 63(S1): 71-74.
- Brier, N. D. and Delcour J. A. 2017. Pearling affects the lipid content and composition and lipase activity levels of wheat (*triticum aestivum* L.) roller milling fractions. *Cereal Chemistry*, 94(3): 588-593.
- Brunauer, S., Deming, L. S., Deming, W. E. and Teller, E. 1940. On a theory of the van der Waals adsorption of gases. *Journal of the American Chemical Society*, 62: 1723-1732.
- Boukid, F., Folloni, S., Ranieri, R. and Vittadini, E. 2018. A compendium of wheat germ: Separation, stabilization and food applications. *Trends in Food Science & Technology*, 78: 120-133.
- Canovas, G. V. B., Fontana, A. J., Schmidt, J. S. J. and Labuza, P. T. 2007. Water Activity in Foods: Fundamentals and Applications. Wiley – Blackwell, USA, 440p.
- Capitani, M., Mateo, C. M. and Nolasco, S. M. 2011. Effect of temperature and storage time of wheat germ on the oil tocopherol concentration. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 28(2) 243-250.
- Cemeroğlu, B. 2013. Gıda Analizleri. Bizim Grup Basımevi, Ankara, 477 s.

- Chuma, A., Ogawa, T., Kobayashi, T. and Adachi, S. 2012. Moisture sorption isotherm of durum wheat flour. *Food Science and Technology Research*, 18(5): 617-622.
- Cubadda, F., Aureli, F., Raggi, A. and Carcea, M. 2009. Effect of milling, pasta making and cooking on minerals in durum wheat. *Journal of Cereal Science*, 49: 92–97.
- Çakmakçı, S. ve Kahyaoğlu, D. T. 2012. Yağ asitlerinin sağlık ve beslenme üzerine etkilerine genel bir bakış. *Akademik Gıda*, 10: 103-113.
- Çakmaklı, Ü., Köse, E. ve Kemahlıoğlu, K. 1995. Ham ve stabilize ticari buğday rüşeyminin bir katkı maddesi kombinasyonu ile birlikte katımının hamur ve ekmek niteliklerine etkisi. *Gıda*, 20: 243-248.
- Delcour J. A. and Hosoney R. C. 2010. Principles of Cereal Science and Technology. AACC International, 270p.
- Dizlek, H. 2012. Depolama sırasında tahıllarda meydana gelen fiziksel ve kimyasal değişiklikler. *Gıda ve Yem Bilimi- Teknolojisi Dergisi*, 12: 50-57.
- Erbaş, M., Aykın, E., Arslan, S. and Durak, A. N. 2016(b). Adsorption behaviour of bulgur. *Food Chemistry*, 195: 87-90.
- Erbaş, M., Candal, C., Kılıç, Ö. ve Mutlu, C. 2016(a). Gıdaların nem sorpsiyon izotermelerinin belirlenmesi ve eşitliklerinin çözümü. *Gıda*, 41(3): 171-178.
- Erbaş, M., Durak, A. N. ve Arslan Tontul S. 2013. Tahıl depolamada zararların oluşum mekanizmaları ve depolamanın temel prensipleri. *Miller/Değirmenci*, 66-78.
- Erbaş, M., Ertugay, M. F. and Certel, M. 2005. Moisture adsorption behaviour of semolina and farina. *Journal of Food Engineering*, 69: 191-198.
- Ertekin, F. K. and Sultanoğlu, M. 2001. Moisture sorption isotherm characteristics of peppers. *Journal of Food Engineering*, 47: 225-231.
- Ertugay, F. ve Certel, M. 1999. Bazı Buğday, Arpa, Çavdar, Yulaf ve Mısır Örneklerinde Değişik Sıcaklıklarda Elde Edilen Sorpsiyon Verilerine Farklı İzoterm Eşitliklerinin Uyumunun Belirlenmesi. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23: 1079-1085.
- Ertugay, M. F. and Certel, M. 2000. Moisture sorption isotherms of cereals at different temperatures. *Nahrung*, 44: 107-109
- Ejike, C. E. C. C., Gonk, M. and Udenigwe, C. C. 2013. Phytoalexins from the poaceae: Biosynthesis, function and prospects in food preservation. *Food Research International*, 52: 167-177.
- Elgün, A., Ertugay, Z. 2011. Tahıl İşleme Teknolojisi. Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları: 297, Erzurum, 411 s.
- Frankel, E. N 2014. Lipit Oxidation, 2nd edition. Elsevier, 488p.

- Fraser, J. R., and Holmes, D. C. 1959. Proximate analysis of wheat flour carbohydrates. IV. Analysis of wholemeal flour and some of its fractions. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 10: 506-512
- Ge, Y., Sun, A., Ni, Y. and Cai, T. 2000. Some nutritional and functional properties of defatted wheat germ protein. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48: 6215-6218.
- Gelmez, N., Kınca, N. S. and Yener, M. E. 2009. Optimization of supercritical carbon dioxide extraction of antioxidants from roasted wheat germ based on yield, total phenolic and tocopherol contents, and antioxidant activities of the extracts. *Journal of Supercritical Fluids*, 48: 2017-224.
- Ghafoor, K., Özcan, M. M., Al-Juhaimi, F., Babiker, E. E., Sarker, Z. I., Ahmed, I. A. M. and Ahmed, M. A. 2017. Nutritional composition, extraction, and utilization of wheat germ oil: A review. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 119.
- Gili, R. D., Irigoyen, R. M. T., Penci, M. C., Giner, S. A. and Ribotta, P. D. 2017. Physical characterization and fluidization design parameters of wheat germ. *Journal of Food Engineering*, 212: 29-37.
- Güven, M. and Kara, H. H. 2016. Some chemical and physical properties, fatty acid composition and bioactive compounds of wheat germ oils extracted from different wheat cultivars. *Journal of Agricultural Sciences*, 22: 433-443.
- Halsey, G. 1948. Physical Adsorption on Non-Uniform Surface. *The Journal of Chemical Physics*, 16: 931-937.
- Henderson, S. M. 1952. A basic concept of equilibrium moisture. *Agricultural Engineering*, 33: 29-32.
- Hazaveh, P., Nafchi, A. M. and Abbaspour, H. 2015. The effects of sugars on moisture sorption isotherm and functional properties of cold water fish gelatin films. *International Journal of Biological Macromolecules*, 79: 370-376.
- Iglesias, H. A. and Chirife, J. 1976. Prediction of the effect of temperature on water sorption isotherm of food materials. *Journal of Food Technology*, 11(2): 109-116.
- Kan, A. 2012. Chemical and elemental characterization of wheat germ oil (*Triticum* spp. L.) cultivated in Turkey. *African Journal of Agricultural Research*, 7(35): 4979-4982.
- Kowieska A., Lubowicki R. and Jaskowska I. 2011. Chemical composition and nutritional characteristics of several cereal grain. *Acta Scientiarum Polonorum Zootechnica*, 10 (2): 37-50
- Kumar, P., Yadava, R. K., Gollen, B., Kumar, S., Verma. R. K. and Yadav. S. 2011. Nutritional contents and medicinal properties of wheat: A review. *Life Sciences and Medicine Research*. Vol: 2011.

- Li, X., Cao, Z., Wei, Z., Feng, Q. and Wang, J. 2011. Equilibrium moisture content and sorption isosteric heats of five wheat varieties in China. *Journal of Stored Products Research*, 47: 39-47.
- Li, B., Zhao, L., Chen, H., Sun, D., Deng, B., Li, J., Liu, Y. and Wang, F. 2016. Inactivation of Lipase and Lipoxygenase of Wheat Germ with Temperature-Controlled Short Wave Infrared Radiation and Its Effect on Storage Stability and Quality of Wheat Germ Oil. *Plos One*, 11: 12 p.
- Majzoobi, M., Darabzadeh, N. and Farahnaky, A. 2012. Effects of percentage and particle size of wheat germ on some properties of batter and cake. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 14: 827-836.
- Marti, A., Torri, L., Casiraghi, M. C., Franzetti, L., Limbo, S., Morandin, F., Quaglia, L. and Pagani, M. A. 2014. Wheat germ stabilization by heat-treatment or sourdough fermentation: Effects on dough rheology and bread properties. *LWT-Food Science and Technology*, 59: 1100-1106.
- Martinez- Monteagudo, S. I. and Salais- Fierro, F. 2014. Moisture sorption isotherms and thermodynamic properties of mexican mennonite-style cheese. *Journal of Food Science and Technology*, 51: 2393-2403.
- Moriera, R., Chenlo, F., Torres, M. D. and Prieto, D. M. 2010. Water adsorption and desorption isotherms of chestnut and wheat flours. *Industrial Crops and Products*, 32: 252–257.
- Morison, W. R. 1980. Wheat lipid composition. *Cereal Chemistry*, 55(5): 548-558
- Mathlouthi, M. 2001. Water content, water activity, water structure and the stability of foodstuffs. *Food Control*, 12: 409-417.
- Niu, L. Y., Jiang, S. T., Pan, L. J. and Pang, M. 2013. Characterization of wheat germ oil in terms of volatile compounds, lipid composition, thermal behavior, and structure. *International Journal of Food Properties*, 16: 1740-1749.
- Niu, L. Y., Jiang, S.T., Pan, L.J. and Zhai, Y. S. 2011. Characteristics and functional properties of wheat germ protein glycated with saccharides through Maillard reaction. *International Journal of Food Science & Technology*, 46: 2197-2203.
- Özcan, M. M., Al- Juhaimi, F., Ghafoor, K., Babiker, E. E. and Uslu, N. 2015. Effect of heating process on oil yield and fatty acid composition of wheat germ. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 7: 517-520.
- Özcan, M. M., Rosa, A., Dessi, M. A., Marongiu, B., Piras, A. and Al- Juhaimi, F. Y. 2013. Quality of wheat germ oil obtained by cold pressing and supercritical carbon dioxide extraction. *Czech Journal of Food Science*, 31: 236-240.

- Petrović, J., Rakic, D., Fistes, A., Pajin, B., Loncarevic, I., Tomovic, V. and Zaric, D. 2017. Defatted wheat germ application: Influence on cookies properties with regard to its particle size and dough moisture content. *Food Science and Technology International*, 23: 597-607.
- Rahman, M. S. and Labuza T. P. 2007. Water Activity and Food Preservation. In: Rahman, M. S. (ed), *Handbook of Food Preservation 2nd edition*. CRC Press, 1088 p.
- Saldamlı, İ. 2017. Gıda Kimyası. Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara, 673 s.
- Sampaio, R. M., Marcos, S. K. Moraes, I. C. F. and Perez, V. H. 2009. Moisture adsorption behavior of biscuits formulated using wheat, oatmeal and passion fruit flour. *Journal of Food Processing and Preservation*, 33: 105-113.
- Serna Saldívar, S. O. 2016. Cereal Grains: Properties, Processing, and Nutritional Attributes. CRC Press, 752 p.
- Sherwy, P. R. 2009. Wheat. *Journal of Experimental Botany*, 60: 1537-1553,
- Shurpalekar, S. R. and Rao, P.H. 1977. Wheat Germ. In "Advances in Food Research, Volume 23", Chichester, C.O. (ed), Academic Press, New York, pp: 187-304.
- Sormoli, M. E. and Langrish, T. A. G. 2015. Moisture sorption isotherms and net isosteric heat of sorption for spray-dried pure orange juice powder. *LWT-Food Science and Technology*, 62: 875-882.
- Sramkova, Z., Gregova, E. and Sturdik, E. 2009. Chemical composition and nutritional quality of wheat grain. *Acta Chimica Slovaca*, Vol.2, No.1, 115-138.
- Staudt, P. B., Tessaro, I. C., Marczak, L. D. F., Soares, R. de P. and Cardozo, N. S. M. 2013. A new method for predicting sorption isotherms at different temperatures: Extension to the GAB model. *Journal of Food Engineering*, 118: 247–255.
- Timmermann, E. O., Chirife, J. and Iglesias, H. A. 2001. Water sorption isotherms of foods and foodstuffs: BET or GAB parameters?. *Journal of Food Engineering*, 48: 19-31
- Toğrul, H. and Arslan, N. 2007. Moisture sorption isotherm and thermodynamic properties of walnut kernels. *Journal of Stored Products Research*, 43(3): 252-264.
- Vaclavik, V. and Christian E. W. 2008. Water. In: Vaclavik, V. (Ed) and Christian E. W. (Ed), *Essential of Food Science*. Springer- Verlag, New York, pp: 21-31.
- Vega-Galvez, A., Lopez, J., Miranda, M., Di Scala, K., Yagnam, F. and Uribe, E. 2009. Mathematical modelling of moisture sorption isotherms and determination of isosteric heat of blueberry variety O'Neil. *International Journal of Food Science and Technology*, 44: 2033-2041.

- Yan, Z., Sousa-Gallagher, M. J. and Oliveira, F. A. R. 2008. Sorption isotherms and moisture sorption hysteresis of intermediate moisture content banana. *Journal of Food Engineering*, 86: 342-348.
- Yıldırım, G. 2009. Effect of storage time on olive oil quality. Yüksek lisans tezi, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, İzmir, 154 s.
- Zhu, K. X., Sun, X. H., Chen, Z. C., Peng, W., Qian, H. F. and Zhou, H. M. 2010. Comparison of functional properties and secondary structures of defatted wheat germ proteins separated by reverse micelles and alkaline extraction and isoelectric precipitation. *Food Chemistry*, 123: 1163-1169.
- Zou, Y., Gao, Y., He, H. and Yang, T. 2018. Effect of roasting on physico-chemical properties, antioxidant capacity, and oxidative stability of wheat germ oil. *LWT-Food Science and Technology*, 90: 246-253.

ÖZGEÇMİŞ

Andaç KOÇ

andackoc1@gmail.com



ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2016-	Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Antalya
Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2011-2016	Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Antalya

ESERLER

Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler

- Aykin, E., Koc, A. and Erbas, M. 2017. Extraction and physicochemical characterization of broiler (*Gallus gallus domesticus*) skin gelatin compared to commercial bovine gelatin. *Poultry Science*, 96: 4124-4131.

Ulusal hakemli dergilerde yayımlanan makaleler

- Arslan Tontul, S., Mutlu, C., Koç, A. ve Erbaş, M. 2018. Çiya tohumundan ultrason destekli yağ ekstraksiyonunun Optimizasyonu. *Gıda*, 43 (3): 393-402.

Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler

- Aykın E., Koc A., Erbas M. 2016. Rheological properties of gelatin extracted from broiler skin. FSD 2016- 2nd Congress on Food Structure Design, Antalya, Türkiye, 26-28 Ekim 2016, pp.160-160.
- Aykın E., Durak A.N., Kılıc O., Koç A., Erbas M. 2017. Use of different cumin doses to improve the chemical and sensorial characteristics of coated and fried chicken meat. Uluslararası Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Kongresi, Konya, Türkiye, 9-12 Mayıs 2017.

Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler

- Aykın E., Koç A., Erbaş M. 2016. Broiler etlik piliç derisi jelatininin aminoasit kompozisyonu ve moleköl ağırlığının belirlenmesi. Türkiye 12. Gıda Kongresi, Edirne, Türkiye, 5-7 Ekim 2016, ss.475-475.