

TC  
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FARKLI ÇAVDAR ÇEŞİTLERİNİN TANE, UN VE EKMEK ÖZELLİKLERİNİN  
ARAŞTIRILMASI

BAŞAK KÜÇÜK

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

SAMSUN

2017

## TEZ ONAYI

Başak Küçük tarafından hazırlanan “Farklı Çavdar Çeşitlerinin Tane, Un ve Ekmek Özelliklerinin Araştırılması” adlı tez çalışması .../07/2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans olarak kabul edilmiştir.

**Danışman** Prof. Dr. Ahmet Hilmi ÇON

**Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı**

**İkinci Danışman (varsa)** Prof. Dr. ....  
..... Üniversitesi  
..... Anabilim Dalı

### Jüri Üyeleri

**Başkan** Prof. Dr. Ahmet Hilmi ÇON  
..... Üniversitesi  
..... Anabilim Dalı .....imza.....

**Üye** Prof. Dr. ....  
..... Üniversitesi  
..... Anabilim Dalı .....imza.....

**Üye** Prof. Dr. ....  
..... Üniversitesi  
..... Anabilim Dalı .....imza.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım. .../07/2017

.....imza.....

**Prof. Dr. Bahtiyar ÖZTÜRK**  
**Enstitü Müdürü**

## ETİK BEYAN

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

17.06.2017  
Başak KÜÇÜK

## ÖZET

### FARKLI ÇAVDAR ÇEŞİTLERİNİN TANE, UN VE EKMEK ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Dünya genelinde ve Ülkemizde tahılların tüketimi çok yüksek düzeydedir. En çok tüketilen tahıl grubu buğday ve ürünleri olmasına rağmen son yıllarda sağlıklı beslenme ve bilinçli gıda tüketimine yönelim nedeniyle çavdar ve yulaf gibi fonksiyonel bileşenleri yüksek oranda içeren diğer tahılların tüketimi hızla artmaktadır. Gerek yetiştirilme koşullarındaki sınırlı isteği ve gerekse ihtiva ettiği besinsel lifler, flavonoidler ve lignanlar gibi faydalı bileşenler vasıtasıyla küresel dünyanın en büyük sağlık sorunlarından kanser, diyabet ve koroner rahatsızlıklara karşı koruyucu etkileri, tüketimdeki artışın ana sebeplerindendir. Besinsel lifleri ve özellikle arabinoksilanları en yüksek düzeyde içeren tahıl olan çavdar ve ürünleri, ilerleyen yıllarda da birçok çalışmanın konusu olmaya devam edecektir.

Bu çalışmada, Amerika Birleşik Devletleri' nin Minnesota Eyaleti' nin hava ve toprak koşulları birbirinden farklı beş ayrı bölgesinde, üç tekerrürlü olarak yetiştirilmiş 19 farklı çavdar çeşidi kullanılmıştır. Çavdar tanelerinin kalite özelliklerinin belirlenmesi kapsamında yabancı maddelerin ayrılması, hektolitre ağırlığı ve bin tane ağırlığı analizleri uygulanmıştır. Un kalitesi açısından nem, kül, protein ve toplam nişasta tayinleri yapılmış, düşme sayısı belirlenmiş ve çavdar ununun çirilenme özellikleri belirlenmiştir. Örneklerin toplam arabinoksilan içeriği ve arabinoz/ksiloz oranı gaz kromatografisi analiziyle belirlenmiştir. Bin tane ağırlığı ve düşme sayısı değerleri baz alınarak yapılan seçimin ardından ekmek yapımı için uygun örnekler belirlenmiş, uygun koşullarda öğütülmüş ve ekmek örnekleri hazırlanmıştır. Son olarak ekmek örneklerinin somun ağırlığı, somun hacmi, fırın sıçraması ve spesifik hacim özellikleri belirlenmiştir.

Tüm örneklerde ortalama olarak, bin tane ağırlığı 25.40-38.47 g arasında; düşme sayısı 98.07-33.53 s arasında; toplam nişasta içeriği %53.45-63.25 arasında; toplam arabinoksilan içeriği %6.4-8.83 arasında; somun hacimleri 287.92-314.17 cc arasında, ekmek spesifik hacimleri 1.98-2.25 cc/g arasında tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Çavdar; ekmek; besinsel lif; arabinoksilan

## ABSTRACT

### INVESTIGATION OF KERNEL, FLOUR AND BREAD CHARACTERISTICS OF DIFFERENT RYE VARIETIES

In worldwide and our country, cereals are being consumed with very high level. Although the most consumed cereal is wheat, in recent years consuming other cereals such as rye and oat which have high functional components have been increased rapidly due to tendency on healthy diet and conscious food consumption. Easy cultivation, rich dietary fiber, and protective effects of flavonoids and lignans from cancer, diabetes and coronary disease which are the biggest health problems of the world are the main reasons of the increasing in consumed. Rye and rye products which contain the highest levels dietary fiber, especially arabinoxylans, will be examined in the future.

In this study, 19 different rye varieties grown in 5 different location in Minnesota USA were used with three replications. Dockage, test weight and thousand kernel weight tests were analyzed to determine quality features of rye kernels. Moisture, ash, protein, and total starch measurements were carried out to determine flour quality, falling number was determined, and starch viscosity was gauged. Gas chromatography analysis method was used to determine arabinoxylan content and rate of arabinose/xylose of test samples. Appropriate samples in terms of thousand kernel weights and falling number were selected and ground with proper conditions, and finally, bread samples were prepared. Bread samples were evaluated in terms of their bread weights, bread volume, oven spring, and specific volume.

In the mean of all samples, thousand kernel weight varied between 25.40-38.47 g; the falling number varied between 98.07-33.53 s; the total starch content varied 53.45 and 63.25%; the total arabinoxylan content was between 6.4% and 8.83%; bread volume varied between 287.92-314.17 cc, bread specific volume varied between 1.98-2.25 cc / g.

**Key words:** Rye; bread; dietary fiber; arabinoxylan

## ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca bilgisi ve deneyimiyle beni her zaman destekleyen danışman Hocam Prof. Dr. Ahmet Hilmi ÇON' a, tez çalışmamı Amerika Birleşik Devletleri' nde yürütebilmemde öncü olan North Dakota State Üniversitesi' ndeki laboratuvarlarını ve tüm imkanlarını kullanmamı sağlayan başarılı çalışmalarıyla ve azmiyle bundan sonraki yaşamımda da örnek alacağım North Dakota State University Plant Science Department' ta görevli Öğretim Üyesi Doç. Dr. Şenay ŞİMŞEK' e, tüm laboratuvar çalışmalarım boyunca teknik desteğini ve hoşgörüsünü hiç esirgemeyen North Dakota State University Plant Science Department çalışanı uzman teknisyen DeLane OLSEN' e, yine aynı bölümde çalışan ve teknik desteklerini esirgemeyen uzman teknisyen Kristin WHITNEY' e, ne kadar uzakta olursak olalım hayatım boyunca desteklerini her zaman kalbimde hissettiğim canım aileme ve nişanlım Yavuz Fatih FİDANTEMİZ' e teşekkür ederim.

Haziran 2017

Başak KÜÇÜK

# İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	ii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR .....	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ .....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	ix
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
<b>2. KURAMSAL TEMELLER.....</b>	<b>4</b>
2.1. Çavdarın Tarihi .....	4
2.2. Çavdarın Adaptasyonu, Çeşitleri ve Çavdar Hastalıkları.....	6
2.3. Çavdar Tanesi .....	6
2.4. Çavdar Tohumunun Kimyasal Kompozisyonu .....	7
2.4.1. Nişasta .....	8
2.4.2. Mono ve oligosakkaritler .....	9
2.4.3. Proteinler .....	9
2.4.4. Glutenin.....	9
2.4.5. Lipidler .....	10
2.4.6. Vitamin ve mineraller .....	10
2.4.7. Enzimler ve enzim inhibitörleri.....	11
2.4.8. Diğer minör bileşenler.....	11
2.4.9. Nişasta olmayan polisakkaritler .....	12
2.4.10. Besinsel lifler .....	12
2.4.10.1. Arabinoksilanlar .....	15
2.5. Çavdarın Tüketimi, Besinsel Önemi ve Sağlık Üzerine Etkileri.....	18
2.6. Çavdarın İşlenmesi .....	20
2.6.1. Çavdarın temizlenmesi ve tavllanması.....	20
2.7. Çavdarın öğütülmesi .....	21
2.7.1. Çavdar bileşenlerinin çavdarın öğütülmesi üzerindeki etkisi.....	22
2.7.2. Çavdar ürünleri.....	22
2.8. Öğütme ürünleri .....	23
2.9. Fırıncılık ürünleri .....	244
2.9.1. Çavdar ekmeği .....	24
2.9.2. Ekşi hamur prosesi .....	25
2.10. Endüstriyel ve Diğer Kullanımlar .....	27
2.11. Dünya’ da ve Türkiye’ de Çavdar .....	27

<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM</b> .....	31
3.1. Materyal .....	31
3.2. Yöntem.....	32
3.2.1. Tane kalitesini belirlemeye yönelik analizler.....	32
3.2.1.1. Yabancı Maddelerin Ayrılması .....	32
3.2.1.2. Hektolitre ağırlığı .....	33
3.2.1.3. Bin tane ağırlığı.....	34
3.2.2. Un kalitesini belirlemeye yönelik analizler.....	34
3.2.2.1. Nem tayini .....	34
3.2.2.2. Kül tayini.....	35
3.2.2.3. Protein tayini .....	36
3.2.2.4. Toplam nişasta tayini .....	36
3.2.3. Düşme Sayısı.....	36
3.2.4. Toplam arabinoksilan içeriği ve arabinoz/ksiloz oranının belirlenmesi.....	37
3.2.5. Çavdar Ununun Çirilenme Özellikleri.....	38
3.2.6. Örneklerin öğütülmesi.....	39
3.2.7. Ekmek Yapımı .....	39
3.2.8. İstatistik Analiz .....	40
<b>4. BULGULAR VE TARTIŞMA</b> .....	41
4.1. Yabancı Madde .....	41
4.2. Hektolitre Ağırlığı.....	42
4.3. Bin Tane Ağırlığı .....	44
4.4. Nem, Kül ve Protein İçeriği .....	45
4.5. Toplam Nişasta İçeriği .....	49
4.6. Düşme Sayısı.....	51
4.7. Arabinoksilan İçeriği ve Arabinoz/Ksiloz Oranları .....	53
4.7.1. Çavdar Ununun Çirilenme Özellikleri.....	56
4.8. Ekmek Yapımı .....	61
4.9. Arabinoksilan İçeriğinin Ekmek Kalitesine Etkisi.....	66
4.10. Nişasta İçeriği ve Düşme Sayısının Ekmek Özelliklerine Etkisi .....	69
<b>5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER</b> .....	755
<b>KAYNAKLAR</b> .....	788
<b>EKLER</b> .....	844
<b>ÖZGEÇMİŞ</b> .....	966



## SİMGELER VE KISALTMALAR

s	: Saniye
dk	: Dakika
Pa	: Paskal
µm	: Mikrometre
cc	: Santimetre K�p
kg	: Kilogram
mg	: Miligram
ml	: Mililitre
cP	: Centipoise
hl	: Hektolitre
cm	: Santimetre
kDa	: Kilodalton
lb/bu	: Libre/buel
Ha	: Hektar
M	: Molar
WR	: Winter
DS	: D�me Sayısı
TN	: Toplam Nişasta
AK	: Arabinoksilan
A/K	: Arabinoz/ksiloz
WE-AX	: Suda Ekstrakte Olabilir Arabinoksilan
WU-AX	: Suda Ekstrakte Olamayan Arabinoksilan
GIPSA	: Grain Inspection Packers and Stockyards Administration
FGIS	: Federal Grain Inspection Service
GC-FID	: Gas Chromatography-Flame Ionization Detector
AACC	: American Association of Cereal Chemists
EFSA	: European Food Safety Authority

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1.	Çavdar çekirdeğinin katmanları.....	7
Şekil 2.2.	Çavdar çekirdeğinin görüntüsü.....	7
Şekil 2.3.	Arabinoksilanlarda bulunan yapı elemanları.....	16
Şekil 2.4.	Arabinoksilanın şematik ve ayrıntılı yapıları.....	18
Şekil 3.1.	İki farklı bölgede yetiştirilmiş iki farklı çavdar çeşitine ait örnekler.....	32
Şekil 3.2.	Carter dokaj cihazının şematik gösterimi.....	32
Şekil 3.3.	Hektolitre ağırlığı ölçümü için kullanılan cihazlar.....	33
Şekil 3.4.	Bin tane ağırlığının belirlenmesinde kullanılan cihaz .....	34
Şekil 3.5.	Nem tayininin belirlenmesine ait görsel.....	35
Şekil 3.6.	Kül tayininin belirlenmesine ait görsel.....	35
Şekil 3.7.	Protein içeriğinin belirlenmesinde kullanılan leco cihazı.....	36
Şekil 3.8.	Düşme sayısının belirlenmesinde kullanılan cihaz .....	36
Şekil 3.9.	Alev iyonizasyon dedektörülü gaz kromatografisinden alditol asetat monosakkarit standartlarının (500 ng/µL) kromatografisi.....	38
Şekil 3.10.	Rapid Visco Analyzer cihazı.....	39
Şekil 4.1.	Tipik bir RVA grafiği.....	56
Şekil 4.2.	St Paul bölgesinde yetiştirilmiş çeşitlerden elde edilen bazı ekmek örnekleri.....	65
Şekil 4.3.	Crookston bölgesinde yetiştirilmiş çeşitlerden elde edilen bazı ekmek örnekleri.....	65
Şekil 4.4.	Le Center bölgesinde yetiştirilmiş çeşitlerden elde edilen bazı ekmek örnekleri.....	65
Şekil 4.5.	Kimball bölgesinde yetiştirilmiş çeşitlerden elde edilen bazı ekmek örnekleri.....	65
Şekil 4.6.	Arabinoksilanların ekmek yapımındaki işlevi.....	67
Şekil 4.7.	Le Center bölgesinde yetiştirilmiş Oklon ve SU Cossani çeşiti çavdarlardan elde edilen ekmek kesit örnekleri ve yüzde arabinoksilan içerikleri.....	68
Şekil 4.8.	Crookston bölgesinde yetiştirilmiş Oklon ve SU Forsetti çeşiti çavdarlardan elde edilen ekmek kesit örnekleri ve yüzde arabinoksilan içerikleri.....	68
Şekil 4.9.	St. Paul bölgesinde yetiştirilmiş Elbon ve SU Performer çeşiti çavdarlardan elde edilen ekmek kesit örnekleri ve yüzde arabinoksilan içerikleri.....	69
Şekil 4.10.	Kimball bölgesinde yetiştirilmiş Aroostok ve KWS Bono çeşiti çavdarlardan elde edilen ekmek kesit örnekleri ve yüzde arabinoksilan içerikleri.....	69

Şekil 4.11.	St. Paul bölgesinde yetiştirilmiş Elbon ve KWS Guttino çeşiti çavdarlardan elde edilen ekmek kesit örnekleri, düşme sayısı değerleri ve yüzde nişasta içerikleri.....	71
Şekil 4.12.	Le Center bölgesinde yetiştirilmiş Elbon ve KWS Guttino çeşiti çavdarlardan elde edilen ekmek kesit örnekleri, düşme sayısı değerleri ve yüzde nişasta içerikleri.....	72
Şekil 4.13.	Crookston bölgesinde yetiştirilmiş Aroostok ve KWS Brasetto çeşiti çavdarlardan elde edilen ekmek kesit örnekleri, düşme sayısı değerleri ve yüzde nişasta içerikleri.....	72
Şekil 4.14.	Kimball bölgesinde yetiştirilmiş Oklon ve KWS Bono çeşiti çavdarlardan elde edilen ekmek kesit örnekleri, düşme sayısı değerleri ve yüzde nişasta içerikleri.....	73
Şekil C.1.	St Paul bölgesine ait örnekler.....	92
Şekil C.2.	Crookston bölgesine ait örnekler.....	93
Şekil C.3.	Le Center bölgesine ait örnekler.....	94
Şekil C.4.	Kimball bölgesine ait örnekler.....	95

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1.	Tam çavdarın kimyasal bileşimi.....	8
Çizelge 2.2.	Besinsel lif komplekslerinin fizyolojik etkileri.....	13
Çizelge 2.3.	Tam tahıllı buğday, tam tahıllı çavdar ve kabuksuz yulafın besinsel lif içeriği ve kompozisyonu.....	15
Çizelge 2.4.	Çavdar ürünlerinin arabinoksilan içeriği ve polimerlerin arabinoz/ksiloz oranı.....	17
Çizelge 2.5	Çavdar esaslı tüketici ürünleri.....	22
Çizelge 2.6.	Dünya geneli ve başlıca ülkelerdeki 2002-2012 arası çavdar verimleri.....	29
Çizelge 2.7.	Türkiye’ de yıllara göre çavdar ekimi, üretimi ve verimi...	30
Çizelge 3.1.	Kullanılan çavdar örneklerinin çeşidi, sınıfı, ıslah yeri ve ıslah yılı.....	31
Çizelge 3.2.	Mayalık hamur ve ekmek hamuru formülasyonu.....	40
Çizelge 4.1.	Farklı çavdar çeşitlerinde yabancı madde miktarları.....	42
Çizelge 4.2.	Çavdar çeşitlerinin yetiştirildikleri farklı bölgelere göre yabancı madde miktarları.....	42
Çizelge 4.3.	Farklı çavdar çeşitlerinin hektolitre ağırlıkları.....	43
Çizelge 4.4.	Çavdar çeşitlerinin yetiştirildikleri farklı bölgelere göre hektolitre ağırlıkları.....	43
Çizelge 4.5.	Farklı çavdar çeşitlerinin bin tane ağırlıkları.....	44
Çizelge 4.6.	Çavdar çeşitlerinin yetiştirildikleri farklı bölgelere göre bin tane ağırlıkları.....	45
Çizelge 4.7.	Farklı çavdar çeşitlerinin nem, kül ve protein içerikleri .....	46
Çizelge 4.8.	Çavdar çeşitlerinin yetiştirildikleri farklı bölgelere göre nem, kül ve protein içerikleri.....	46
Çizelge 4.9.	Farklı çavdar çeşitlerinin nişasta içerikleri.....	50
Çizelge 4.10.	Çavdar çeşitlerinin yetiştirildikleri farklı bölgelere göre nişasta içerikleri.....	50
Çizelge 4.11.	Farklı çavdar çeşitlerinin düşme sayıları.....	52
Çizelge 4.12.	Çavdar çeşitlerinin yetiştirildikleri farklı bölgelere göre düşme sayıları.....	52
Çizelge 4.13.	Farklı çavdar çeşitlerinin arabinoksilan içerikleri ve arabinoz/ksiloz oranları.....	54
Çizelge 4.14.	Çavdar çeşitlerinin yetiştirildikleri farklı bölgelere göre arabinoksilan içerikleri ve arabinoz/ksiloz oranları.....	55
Çizelge 4.15.	Farklı çavdar çeşitlerine göre çavdar ununun çirşlenme özellikleri .....	59
Çizelge 4.16.	Çavdar çeşitlerinin yetiştirildikleri farklı bölgelere göre çavdar ununun çirşlenme özellikleri .....	60
Çizelge 4.17.	Ekmek yapımında kullanılan 10 farklı çavdar çeşitinin ekmek özellikleri.....	63
Çizelge 4.18.	Ekmek yapımında kullanılan çavdar çeşitlerinin yetiştirildikleri 4 farklı bölgeye göre ekmek özellikleri.....	64
Çizelge A.1.	Çalışmada kullanılan 19 farklı çavdar çeşiti ve bölgelere göre çavdar unlarının çirşlenme özellikleri.....	84

Çizelge A.1. (Devam)	Çalışmada kullanılan 19 farklı çavdar çeşiti ve bölgelere göre çavdar unlarının çirişlenme özellikleri.....	85
Çizelge A.1. (Devam)	Çalışmada kullanılan 19 farklı çavdar çeşiti ve bölgelere göre çavdar unlarının çirişlenme özellikleri.....	86
Çizelge A.1. (Devam)	Çalışmada kullanılan 19 farklı çavdar çeşiti ve bölgelere göre çavdar unlarının çirişlenme özellikleri.....	87
Çizelge A.1. (Devam)	Çalışmada kullanılan 19 farklı çavdar çeşiti ve bölgelere göre çavdar unlarının çirişlenme özellikleri.....	88
Çizelge B.1.	Çalışmada kullanılan 19 farklı çavdar çeşiti ve bölgelere göre arabinoksilan içeriği ve arabinoz/ksiloz oranı.....	89
Çizelge B.1. (Devamı)	Çalışmada kullanılan 19 farklı çavdar çeşiti ve bölgelere göre arabinoksilan içeriği ve arabinoz/ksiloz oranı.....	89
Çizelge B.1. (Devamı)	Çalışmada kullanılan 19 farklı çavdar çeşiti ve bölgelere göre arabinoksilan içeriği ve arabinoz/ksiloz oranı.....	90
Çizelge B.1. (Devamı)	Çalışmada kullanılan 19 farklı çavdar çeşiti ve bölgelere göre arabinoksilan içeriği ve arabinoz/ksiloz oranı.....	90
Çizelge B.1. (Devamı)	Çalışmada kullanılan 19 farklı çavdar çeşiti ve bölgelere göre arabinoksilan içeriği ve arabinoz/ksiloz oranı.....	91

## 1. GİRİŞ

Çavdar, Kuzey ve Doğu Avrupa' da geleneksel bir tahıl ürünüdür ve bu bölgelerde ekmeğe ve kahvaltılık tahıla ilave edilmektedir. Toprak, gübreleme ve iklim ile ilgili istekleri çok azdır. Bundan dolayı daha fazla sürdürülebilir üretim için ilgi çekici bir alternatiftir. Bugün klasik çavdar ve yüksek verimli hibrit çavdar olmak üzere iki tür çavdar yetiştirilmektedir (Pautanen ve Aman, 2014).

Çavdar, küresel üretimin yaklaşık %75' i Rusya, Belarus, Polonya, Almanya ve Ukrayna' da yetişen başlıca bir Avrupa tahılıdır. Tüm küçük taneli tahıllar arasında en iyi kışlama yeteneğine ve en iyi kuraklık, tuz ve alüminyum stresi toleransına sahip olduğu bildirilmiştir. Ekmek yapımı, hayvan beslenmesi ve yenilenebilir enerji kaynağı olarak etanol ve biometan üretiminde artan bir talebe sahip olduğu belirtilmektedir. Hibrit çavdar tritikale ve buğdaya rekabetçidir ayrıca daha iyi topraklarda ve Almanya' da toplam çavdar ekim alanının yaklaşık %70' inde yetiştirilmektedir. Çavdar Orta Doğu' da ikincil ekin olarak gelişmiştir, çavdar ve ürünlerinin çeşitliliğinin en fazla görüldüğü yer Orta ve Doğu Avrupa olduğu bildirilmiştir (Carena, 2009).

Çavdarın anavatanının Güneybatı Asya olduğu kabul edilmekte, Kuzeyden Rusya üzerinden Polonya ve Almanya' ya, güneyden de Balkan Yarımadası üzerinden Avrupa' ya iki rota ile yayıldığı söylenmektedir. Çavdarın bu bölgelerden, Avrupalı satıcılar aracılığı ile ilk olarak Kuzey ve Güney Amerika' ya, daha sonra Avustralya ve Afrika' ya götürüldüğü ancak bu bölgelerde önemli ölçüde yayılamadığı bu nedenle Kuzey Avrupa ve Rusya' nın çavdarın en önemli üreticileri olarak kaldığı belirtilmektedir (Henry ve Kettlewell, 1996).

Olgun çavdar tanesinin buğday tanesinden daha zayıf olduğu, küllü sarı, kahverengi ve kısmen yeşilimsi renkte olduğu, çekirdeğin kabuğu olmadığı ve buğday gibi buruşuk olduğu, olgun tanenin, ona pürüzlü bir görünüm veren büzüşmüş bir perikarpa sahip olduğu, buğdayda olduğu gibi tanenin temel morfolojik bölümlerinin; perikarp, endosperm ve embriyo olduğu bildirilmiştir. Endospermin tek bir aleuron hücresi tabakası tarafından çevrelendiği, endosperm ve germin yapısının ve kimyasal kompozisyonunun buğday tanesinkine benzediği ifade edilmektedir (Lasztity, 1999).

Neredeyse hiç uyku hali bulunmayan çavdarın, hasat öncesi filizlenmeye oldukça hassas olduğu, bu ve bunun gibi diğer dezavantajların çavdarın yetiştiriciliğini

zorlaştırdığı, erken hasat edilen çavdarda, depolamadan önce kurutma yapılması gerektiği belirtilmiştir. Çavdar proteinlerinin yapısı ve gluten oluşturmamaları ve çavdar pentozanlarının yüksek su bağlama kapasitelerinin, çavdardan hazırlanan farklı unlu mamüllerin çeşitlerini belirleyen özellikler olduğu bildirilmiştir. Çavdar öğütme ürünleri ile tanede bulunan nişasta ve  $\alpha$ -amilaz ekmeğin iç özelliklerini etkileyen diğer önemli faktörler olduğu, çavdarın kalite gereksinimleri ve değerlendirilme yöntemlerinin bu sebeplerle buğdayinkinden farklı olduğu belirtilmektedir (Henry ve Kettlewell, 1996).

Kış çavdarı yetiştiriciliğindeki hedeflerin çoğunun diğer küçük tahıllarinkine benzer olduğu, çavdar geniş ölçüde çorak ve kumlu topraklarda yetiştiğinden, kuraklık ve besin stresinin verim istikrarında önemli bileşenler olduğu, buğdayla karşılaştırıldığında çavdarın kuraklık, azot yetersizliği, yüksek alüminyum, çinko, sodyum ve asitlik gibi abiyotik streslere çok daha fazla toleranslı olduğu bilinmektedir (Carena, 2009).

Tahıllar arasında çavdarın en yüksek besinsel lif içeriğine sahip olduğu ve içeriğin fruktan hariç %15-21, fruktan dahil %19-22 aralığında olduğu (Andersson vd., 2009), buğdayla karşılaştırıldığında, tam çavdar unu toplam ve çözünür besinsel lif, toplam ve suda ekstrakte olabilir arabinoksilan, fruktan ve  $\beta$ -glukan içeriğinin önemli ölçüde daha yüksek miktarda bulundurduğu (Bach Knudsen ve Lærke, 2010), toplam lifin %45' ini oluşturan arabinoksilanların besinsel liflerin ana bileşeni olduğu, onu yaklaşık %21 içerik ile fruktanın takip ettiği (Andersson vd., 2009), ayrıca  $\beta$ -glukan, selüloz ve ksalon lignin de çavdardaki besinsel lif içeriğine önemli ölçüde katkı sağladığı ifade edilmektedir (Rakha vd., 2011).

Arabinoksilanlar çavdarda nişasta olmayan polisakkaritlerin en önemlisi ve üzerinde en çok çalışılanıdır (Henry ve Kettlewell, 1996). Çavdar arabinoksilanlarının çavdarda ekmek yapımı, kalite ve besinsel özellikler üzerine kayda değer şekilde önemli olduğu, suda çözünür arabinoksilanların yapısı ve fizikokimyasal özelliklerinin (vizkozite, çirişlenme potansiyeli, moleküller arası ortaklık) polisakkaritlerin moleküler özelliklerine bağlı olduğu bildirilmektedir. Buğday ve çavdar arabinoksilanları fırın ürünlerinde, hamurun mekanik özelliklerinin yanında tekstür ve diğer son ürün kalitesini etkileyen, önemli fonksiyonel bileşenler olarak bilinmektedir (Vinkx ve Delcour, 1996).

Çavdarın geleneksel kullanımının ekmek yapımı amaçlı olduğu, çavdar yetişen bölgelerdeki nüfusun yeme alışkanlıkları ve dünya tahıl ticaretindeki fiyat gelişimi

sebebiyle endüstriyel amaçlar ve beslenme için çavdarın önemini artırdığı bildirilmiştir (Henry ve Kettlewell, 1996).

Çavdar ekmeği besinsel lifler, mikrobeyinler, fenolik bileşenler, vitaminler ve mineraller gibi biyoaktif bileşenlerin iyi bir kaynağı olarak bilinmektedir. Buğday proteini ile karşılaştırıldığında, çavdar proteinleri sürekli bir ağ ve elastik hamur sağlayamamaktadır. Bu yüzden nişasta ve özellikle arabinoksilanların çavdar ekmeği yapısı için önem taşıdığı ifade edilmektedir (Pautanen ve Aman, 2014).

Çavdar ekmeği üretiminin en tipik yolunun ekşi hamur yöntemi olduğu, ekşi hamur yönteminde temel bileşenlerin (tam tane çavdar unu, su ve starter kültür) karıştırıldığı ve 1-18 saat fermente edildiği, starter kültürün genellikle kararlı mikrofloraya sahip bir önceki ekşi hamurdan alınan kısım olduğu ancak son yıllarda ticari starterlerin de kullanıldığı ifade edilmektedir. Laktik asit ve asetik asit üreten ekşi hamur mayası ve laktik asit bakterileri (LAB) fermantasyon süresince gelişmektedir. Fermantasyondan sonra ekşi hamurun içine daha fazla un, su ve diğer bileşenler ekmekek hamuru yapımı için karıştırılmaktadır. Hamur kısa bir süre için kabarmaya bırakılmakta daha sonra ekmekekler şekillendirilmekte, tekrar kabarmaya bırakılmakta ve pişirililmektedir (Pautanen ve Aman, 2014).

Ekşi hamur prosesinin asidik koşullarının hamurdaki enzim aktivitesini ve nişasta jelatinizasyonunu etkilediği, fermantasyon sırasında oluşan veya aktifleşen asitler ve enzimlerin ekmekek içi nemi, gözenekliliği ve elastikiyetini olumlu şekilde etkileyerek, protein ve arabinoksilan fazlarını değiştirdiği, ayrıca ekşi hamurun aromatik lezzet sağladığı, genel ekmekek kalitesini geliştirdiği ve raf ömrünü uzattığı bildirilmiştir (Pautanen ve Aman, 2014).

Bu çalışmada, Amerika Birleşik Devletleri' nin Minnesota Eyaleti' nin hava ve toprak koşulları farklı beş bölgesinde üç tekerrürlü olarak yetiştirilmiş, farklı genetik geçmişlere sahip 19 çavdar türünün tane ve un özelliklerinin belirlenmesi, seçimi yapılan un örneklerinden ekmekek elde edilerek ekmekek özelliklerinin araştırılması, çavdar konusunda Ülkemizde kısıtlı olan bilimsel literatüre katkı sağlanması ve olumlu sağlık etkileri kanıtlanmış ancak Ülkemizde yeterli ilgiyi görememiş çavdar ve ürünlerinin Ülkemizdeki üretimi ve tüketimine dikkat çekilmesi amaçlanmıştır.



## 2. KURAMSAL TEMELLER

### 2.1. avdarın Tarihi

avdarın, dünya çapında yetiştirilen ve tahıl ve saman olarak kullanılan bir çim bitkisi olduğu, ekmek üretiminde buğdaydan sonra en yaygın kullanılan ikinci tahıl olduğu bilinmektedir, ayrıca çiftlik hayvanları için karışım yemlerin üretiminde ve avdar viskisinin damıtılmasında hammadde olarak önemli olduğu, saman hayvan yemlerinde, hayvancılıkta yataklık ve bir yapı malzemesi olarak (atı örtüsü, sunta vb.) kullanıldığı belirtilmiştir (Bushuk, 2004).

avdarın Gramineae familyasına ait *Secale* cinsinden olduğu, en yaygın yetiştirilen türlerin, *S. montanum* türlerinin yabani çok yıllık otlarından evrimleştiği tahmin edilen *S. cereale* olduğu bildirilmiştir. Ekilmiş avdarın, R harfiyle gösterilen tek bir genoma ait yedi çift kromozom içerdiği, buğdaydaki durumun aksine, ticari olarak yetiştirilen avdar çeşitlerinin (kültür bitkisi) sayısının nispeten az olduğu bilinmektedir (Bushuk, 2004).

Kültürü yapılan avdarlar kromozom sayılarında göre ikiye ayrılmaktadır: Diploid avdarlar ( $2n=14$ ) ve tetraploit avdarlar ( $2n=28$ ). İki katına çıkan kromozom sayısının bitkinin daha fazla büyümesini sağladığı, tanelerin irileştiği, bitki boyunun arttığı ve yaprakların genişlediği, diploit çavdarların renginin pembemsi yeşil, tane ince ve bin tane ağırlığının 20-25 g; tetraploit avdarlarda bin tane ağırlığının 45-50 g, tanelerin iri ve dolgun olduğu bildirilmiştir (Geçit vd., 2011).

Eski dünyanın birçok ekinine benzer şekilde, *S. cereale*' nin Yakın Doğu' nun verimli hilalinde evrimleştiği, çeşitlilik gösteren bölgelerin Türkiye, Lübnan, Suriye, İnan, Irak ve Afganistan olduğu, ancak bu bölgede çavdarın bir ekin olarak hiç yetiştirilmediği, buğday ve arpalıkların içinde yabani ot olarak yetiştiği ve yetişmekte olduğu belirtilmektedir. Yıllık avdar formlarının bu tarımsal bağlamda doğal seçimlerle evrimleştiği ve parçalanmayan başak, daha büyük tane ve yarı dormansinin (uyku hali) ortaya çıktığı bildirilmiştir. avdarın ilk yetiştiriciliğinin milattan önce 3000-4000 yıllarında Hazar denizi etrafındaki bölgede gerçekleştiği, avdarın Doğu Avrupa' ya Slavlar tarafından getirildiği, Slavlar' ın milattan önce 500 yıllarında avdar yetiştirme bilgilerini Germen, Kelt ve Finlilere kazandırdığı bilinmektedir. avdar, 1960' a kadar olan modern zamanlar ve tüm orta ağ boyunca, Almanya' dan Doğu Sibirya' ya temel tahıl ürününü oluşturmuştur. Günümüzde ana avdar üreticisi

ülkelerin Rusya, Belarus, Polonya, Almanya ve Ukrayna olduğu ifade edilmektedir (Carena, 2009).

Çavdarın geçmişinin buğdayinkinden daha kısa olduğu, hastalıklara direnci ve dayanıklılığı sebebiyle yüzyıllar boyu yem ve gıda olarak kullanılan önemli bir ekin olduğu, soğuğa dayanıklılığı, kurağa, hastalıklara ve böceklere direnci sebebiyle çavdarın zayıf topraklarda ve olumsuz şartlar altında daha az koruyucu yöntemlerle yetiştirilebildiği, bu sebeplerle toprak verimliliğini koruyucu ve düzeltici bir rol de oynadığı belirtilmektedir (Henry ve Kettlewell, 1996).

Çavdarın çoğunlukla bir kış tahılı olarak yetiştirildiği, baharlık çavdarın, kar örtüsünün 3 aydan daha uzun sürdüğü yerlerde veya aşırı soğuk bölgelerde üstünlüğe sahip olduğu bildirilmiştir. Diğer tahıllarla karşılaştırıldığında çavdarın, tüm küçük tane tahıllar arasında en iyi kışlama yeteneğine, en yüksek tuz, kuraklık ve alüminyum stresi toleransına sahip olduğu, iyi hazırlanmamış topraklarda olduğu kadar, verimsiz kumlu veya asitli topraklarda da diğer tahıllardan daha verimli olduğu ve daha yüksek verim potansiyeli sebebiyle daha iyi durumdaki topraklarda da buğday ve tritikaleye rakip olduğu bilinmektedir (Carena, 2009).

Hasat edilen ürünün %50-75 kadarının ekmek yapımında kullanıldığı, geleneksel çavdar ekmeğinin Kuzey Almanya, Finlandiya, Baltık ülkeleri, Polonya, Belarus ve Rusya’ da bilinen ekşi ekmek olduğu, İsviçre, Danimarka ve Almanya’ nın bazı bölgelerinde ekmek yapımında çavdar ununun genellikle %25-50 oranında buğday unu ile karıştırıldığı, üretilen çavdarın geri kalan kısmı da hayvan beslemede, alkol üretiminde (Schnaps, Vodka) ve yenilenebilir biyoenerji kaynağı (biyoetanol, biyometan ve yanma) olarak kullanıldığı ifade edilmektedir (Carena, 2009).

Çavdarın Almanya ile İskandinav, Baltık ve Doğu Avrupa ülkelerindeki tahıl kültürünün önemli bir parçası olduğu, bu bölgelerde çavdar ekmeğinin genellikle ekşi hamur teknolojisi kullanılarak tam tahıl unundan yapıldığı, bu durumun çavdar ekmeğini besinsel lif, fenolik içerik, vitaminler, iz elementler ve minerallerce iyi bir kaynak haline getirdiği bildirilmiştir. Örneğin Finlandiya’ da çavdar tüketiminin %90’ ı tam tahıl unundan oluşmaktadır. Çavdar ekmeğinin kuru formu olan kıştır çavdar ekmeğinin küresel anlamda muhtemelen en iyi bilinen çavdar ekmeği olduğu, çavdar ekmeğinin glukoz metabolizması ve tokluk üzerine faydalı etkilere sahip olduğu belirtilmektedir. Geleneksel gıdalar arasında Finlandiya’ nın paskalya pudingi olan, çavdar unu üzerine çavdar malt enzimlerinin aktivitesi ile üretilen ‘Mammi’ örnek verilebilir. Kuzey ülkelerinde makarna, bisküvi, pirinç ikame maddeleri ve çerezler

gibi geniş bir yelpazede çavdar içeren modern ürünlerin de mevcut olduğu, İskandinav ülkelerindeki marketlerde çavdar hamburgerinin yanı sıra, pudingler, lapalar ve fırınlanmış çavdar karışımları bulunabildiği bildirilmektedir (Pautanen ve Aman, 2014).

## 2.2. Çavdarın Adaptasyonu, Çeşitleri ve Çavdar Hastalıkları

Kök gelişiminin fazla olmasının suya kolay ulaşmasını sağladığı ve bu sayede nem isteğinin az olduğu, çavdarın en iyi yetiştiği toprak türlerinin kumlu-tınlı ve killi topraklar olduğu, bazı türlerinin asitli ve alkali kumlarda yetişebildiği, ayrıca çavdarın tuz konsantrasyonunun yüksek olduğu çoraklaşmış topraklarda da yetişebildiği ve bu yüzden arpa, buğday, çeltik ve mısır yetiştirilmesine uygun olmayan topraklarda bunlardan daha iyi ürün verdiği bildirilmiştir. Türkiye’ de Aslım-95, Tetra-27 ve Anadolu-83 türleri tescillenmiş türler olmak üzere, toplamda 45 farklı botanik çeşit bulunmaktadır (Geçit vd., 2011).

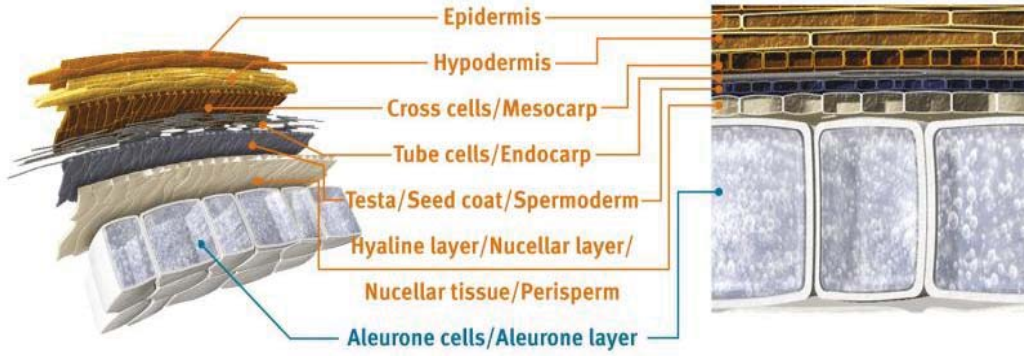
Çavdar Mahmuzu (*Claviceps purpurea*), çavdara benzeyen bitki çiçeklerinde ve çavdarda üreyen parazit bir mantar türünün kışı geçirmek üzere aldığı konum olarak ifade edilmektedir. Uzunluğu 10-35 milimetre, genişliği 2-5 milimetredir. İç kısmının rengi morumsu beyaz veya pembe renkte, dış kısmının rengi siyahımsı mordur. İçinde zehirli etkiye sahip ergotin isminde bir madde bulundurmaktadır (Geçit vd., 2011). Merkez ve Doğu Avrupa’ da çavdardaki önemli hastalıklar; kar küfü hastalığı ve kök çürüklüğü (*Microdochium nivale*), *Helgardia herpotrichoides*’ in sebep olduğu ayak çürüğü, kahverengi pas veya yaprak pası (*Puccinia recondita*), kara pas (*P. graminis* f.sp. *secalis*), yaprak lekesi (*Rhynchosporium secalis* ve diğer fungusler) olarak bildirilmiştir (Carena, 2009).

## 2.3. Çavdar Tanesi

Tahıl tanelerinin ana bileşenlerinin gövde, perikarp, testa, aleuron, endosperm ve germ olduğu ve buğdayın aksine ekmekte ve diğer tahıl ürünlerinde çoğunlukla tam tane unu olarak tüketildiğinden özel bir tahıl olduğu bildirilmiştir (Kujala, 2006).

Çavdar taneleri, gıda üretiminde kullanılmadan önce tahılın dış kısmının, çıkarıldığı, bütün çekirdek ağırlığının yaklaşık %80-85’ ini nişastalı endosperm, %2-3’ ünü ruşeym ve yaklaşık %10-15’ ini dış tabakanın oluşturduğu, öğütme işleminde çekirdek öğütülüp farklı un ve kepek türlerine ayrılabilirdiği belirtilmektedir (Kujala,

2006). Şekil 2.1.' de çavdar çekirdeğinin katmanları ve Şekil 2.2.' de Çavdar çekirdeğinin görüntüsü verilmiştir (Anonim, 2017a)



Şekil 2.1. Çavdar çekirdeğinin katmanları



Şekil 2.2. Çavdar çekirdeğinin görüntüsü

#### 2.4. Çavdar Tohumunun Kimyasal Kompozisyonu

Çavdar tohumunun kepekte yoğunlaşan fakat aynı zamanda endospermde buğday tohumundan daha fazla bulunan besinsel liflerce zengin olduğu, farklı çavdar çeşitlerindeki besinsel lifi içeriğinin %20.4-25.2, toplam arabinoksilan içeriğinin kepekte ve un fraksiyonlarında sırasıyla %12.1-14.8 ve %3.1-4.3 olduğu bildirilmiştir (Nyström vd., 2008; Shewery vd., 2010). Çavdar ayrıca %2  $\beta$ -glukan (Nyström vd., 2008) ve %4-7 fruktan (Karppinen vd., 2003) içermektedir.

Çavdarın %11.2-15.8 protein içerdiği (Nyström vd., 2008; Shewery vd., 2010), pişirmede çavdar prolamınlerinin buğday prolamınlerinden oldukça farklı davrandığı, kıyaslanabilir miktarlarda polimerik protein oluşturamadığı ve buğday pişerken olduğu gibi gluten tipi bir ağ oluşturamadığı ifade edilmektedir. Bu yüzden çavdar ekmeğinin yapısının buğday ekmeğinin yapısından çok farklı olduğu, hücre duvarı ve polisakkaritlerinin tam çavdar ekmeği yapımında önemli bir role sahip olduğu

bildirilmiştir (Pautanen ve Aman, 2014). Çizelge 2.1.' de tam çavdarın kimyasal bileşimi verilmiştir (Bengtsson ve Aman, 1990).

Çizelge 2.1. Tam çavdarın kimyasal bileşimi

Bileşen	% Miktarı (Kuru Maddede)
Glukoz	0.4
Fruktoz	0.1
Sükroz	2.9
Fruktan	2.7
Nişasta	64.6
Ham Protein	9.5
Ham Yağ	2.4
Kül	1.9
Besinsel lif	16.5
$\beta$ -glukan	2.3
Arabinoksilan <sup>a</sup>	7.6
Selüloz <sup>b</sup>	2.6
Ksalon lignin	3.0

<sup>a</sup>Nişasta olmayan polisakaritlerin arabinoz ve ksiloz kalıntıları

<sup>b</sup>Nişasta içermeyen polisakaritlerin glikoz kalıntıları eksi - $\beta$ -glukanlar

#### 2.4.1. Nişasta

Buğdaya benzer şekilde, çavdar tanesinin ana bileşeninin karbonhidratlar ve bunların içinde de nişasta olduğu, çavdar nişastasının granüllerinin boyut dağılımının buğdayinkilerden farklı olduğu, tanecik şeklinin genellikle mercimek (merceksi) şeklinde olduğu, küresel taneciğin çavdarda yaygın olmadığı bildirilmiştir. Karbonhidrat kütlesi ve nişastanın endospermde konumlandığı, öğütme ürünlerinin nişasta içeriği ile ilgili olarak düşük ekstraksiyon unlarının, daha yüksek nişasta miktarına sahip oldukları genel olarak belirtilebilmektedir ve nişasta konsantrasyonu ekstraksiyon arttıkça azalmaktadır (Lasztity, 1999). Alman çavdar çeşitlerinde nişasta içeriğinin %57.3-64.4 arasında değiştiği bildirilmiştir (Bushuk, 1976).

Kimyasal kompozisyon olarak çavdar nişastasının buğday nişastasına benzemediği, çavdar nişastasının amiloz içeriğinin %24-30 aralığında olduğu ve diğer nişastalar gibi nişasta olmayan minör bileşenler (protein, lipit, mineral özellikle fosfor) içerdiği belirtilmektedir (Lasztity, 1999).

Pişirme teknolojisi açısından nişastanın en önemli özelliğinin jelatinizasyon özelliği olduğu, avdar nişastasının jelatinizasyon sıcaklığının (52-55°C) buğdayinkinden (60-67°C) daha düşük olduğu bilinmektedir. Ek olarak avdar nişastası amilaz degradasyonuna daha duyarlı olduğu belirtilmiştir. Kısmen jelatinleştirilen formdaki avdar nişastasının pişmiş avdar ekmeğinin ekmek içi tekstüründe önemli rol oynadığı, nişastanın çok yüksek derece jelatinleşmesi ve  $\alpha$ -amilaz ile dekstrinlere ayrışmasının ekmek kalitesini olumsuz yönde etkilediği yapışkan yapı oluşturduğu, ters yönde düşük jelatinizasyon derecesi ve düşük  $\alpha$ -amilaz aktivitesinin de kuru ekmek içi ile sonuçlandığı ifade edilmektedir (Lasztity, 1999).

#### **2.4.2. Mono ve oligosakkaritler**

Mono ve oligosakkaritlerin avdar ve tritikalenin minör bileşenleri olduğu ve %1-2 oranında bulunduğu, sükroz, maltoz, rafinoz ve glukofruktanların ana mono ve oligosakkaritler olduğu, ek olarak küçük miktarlarda glukoz, fruktoz ve pentoz belirlendiği bildirilmiştir (Lasztity, 1999).

#### **2.4.3. Proteinler**

avdarın protein içeriğinin geniş ölçüde değişmesine rağmen genellikle buğdayinkinden daha düşük olduğu bildirilmektedir. Araştırmacıların çoğu endospermden albümin, globulin, prolamin ve gluteninleri ayırarak Osborne znrlk fraksiyonasyonu tekniği ile avdar ve tritikalenin proteinlerini sınıflandırdığı bildirilmiştir. avdarın yüksek miktarda su ve tuzlu suda çözünen protein içerdiği bilinmektedir (Lasztity, 1999).

avdar ve tritikaledeki toplam proteinin amino asit kompozisyonunun buğdayinkine çok benzediği, kayda değer en önemli farklılığın avdar proteininde biraz daha yüksek ve tritikalede ondan biraz daha az olan lizin içeriği olduğu (Lasztity, 1999), ekşi hamurda avdar proteinlerinin kısmen hidrolize olduğu ve muhtemelen ekmek özelliklerini etkilediği ifade edilmektedir (Pautanen ve Aman, 2014).

#### **2.4.4. Glutenin**

avdar ununun gluten yumağı oluşturamadığı, bu yüzden avdar unu hamurunun reolojik özelliklerinin endosperm proteinlerinden daha az etkilendiği bildirilmiştir. Bu

yüzden çavdarın yüksek molekül ağırlıklı depo proteinlerinin buğday gibi tümüyle araştırılmamış olması anlaşılabilir. Çavdar unu hamuru esas olarak polisakkaritler ve amilaz enzim komplekslerince belirlenen, daha az oranda da çavdar proteini ile belirlenen viskoelastik özelliklere sahip olduğu bildirilmektedir. Fırınlama değerinin kontrolü çoğunlukla, pişme testi ile ya da nişasta amilaz sisteminin özelliklerinin belirlenmesi ile kavranılmaktadır (Lasztity, 1999).

Çavdarın yüksek molekül ağırlıklı depo proteinlerinin disülfid bağları ile bağlı polipeptitlerden oluştuğu, disülfid bağlarının indirgenmesi ile çeşitli alt birimlerin oluştuğu bildirilmiştir. Buğdayın yüksek molekül ağırlıklı glutenin alt birimlerine benzer elektrofoterik özellik gösteren alt birimleri, çavdar gluteninin yüksek molekül ağırlıklı secalinleri veya yüksek molekül ağırlıklı alt birimleri olarak adlandırılmaktadır. Yüksek molekül ağırlıklı çavdar gluteninin alt birimlerinin amino asit kompozisyonu yüksek glisin içeriği ve nispeten düşük prolin içeriği ile karakterize edilmektedir. Toplam kalıntının %30-39' unu glutamatın oluşturduğu, karboksil gruplarının yaklaşık %90' nının amidasyona uğratıldığı, yüksek molekül ağırlıklı alt birimlerin sadece N-terminal kısmının amino asit dizisinin bilindiği ifade edilmektedir (Lasztity, 1999).

#### **2.4.5. Lipidler**

Çavdarın lipit içeriğinin %1.8-3.5 arasında değiştiği, diğer tahıllarda olduğu gibi temel lipit bileşeninin trigliseritler olduğu ve bunu fosfo ve glikolipitlerin takip ettiği, buğdaya benzer şekilde polar lipitlerin bağlı biçimde bulunduğu, çavdarın yağ asidi kompozisyonunun ve tritikale lipitleri çalışmasında doymamış yağ asitlerinin baskınlığının ortaya çıktığı, yağ asidi kompozisyonunun yetiştirilme koşullarından etkilendiği bildirilmektedir (Lasztity, 1999).

#### **2.4.6. Vitamin ve mineraller**

Çavdar ve tritikalenin, diğer tahıllarla ortak olarak tiamin, riboflavin, piridoksin, pantotenik asit ve tokoferol gibi vitaminlerin önemli kaynağı olduğu, tanenin botanik parçaları arasındaki vitamin dağılımının da diğer tahıllara benzediği ve embriyo ve aleuron tabakasının vitaminlerce en zengin kısım olduğu ifade edilmektedir. Beklenildiği gibi ekstraksiyonun azalmasıyla vitamin içeriği azaldığı, yağda çözünen

vitaminler arasında vitamin E' nin (tokoferol) çavdar ve tritikale tanelerinde önemli miktarlarda bulunduğu belirtilmektedir (Lasztity, 1999).

Çavdar ve tritikale külü kompozisyonlarının diğer tahıllarinkine benzediği, temel mineral bileşenlerinin potasyum, fosfor ve magnezyum olduğu, mineral içeriğinin özellikle aleron tabakasında yüksek, iç endospermde nispeten düşük olduğu, diğer tahıllarda olduğu gibi unlarda özellikle düşük ekstraksiyon unlarında minerallerin miktarının daha düşük olduğu bildirilmiştir (Lasztity, 1999).

#### **2.4.7. Enzimler ve enzim inhibitörleri**

Teknolojik açıdan en önemli enzim grubunun amilazlar ve proteazlar olduğu bildirilmiştir. Genellikle çavdar ve tritikale yüksek  $\alpha$ -amilaz aktivitesine sahip olduğu, aktivitenin büyük kısmının perikarp içinde ve endospermdeki daha küçük kısımda bulunduğu ve amilaz aktivitesi ve dağılımının iklim koşullarına bağlı olarak değiştiği ifade edilmiştir (Lasztity, 1999).

Hem çavdar hem de tritikale önemli bir proteinaz aktivitesine sahip olduğu ve bu genellikle buğdayinkinden daha yüksek olduğu bilinmektedir. Proteolitik aktivitenin büyük oranda kepek fraksiyonlarında bulunduğu ve unların (ve endosperm) çok daha düşük aktiviteye sahip olduğu bildirilmektedir (Lasztity, 1999).

#### **2.4.8. Diğer minör bileşenler**

Minör bileşenler arasında, çavdar ve tritikalede kayda değer miktarda fitik asit bulunduğu, hem fitik asit hem de tuzlarının inositol ve fosfat üretmek için fitaz enzimi ile hidrolize edildiği ifade edilmektedir. Çavdar tanesinin (özellikle kepek) alkilresorsinol içerdiği, çavdar tohumlarının ağırlıkça %0.5 kadar alkilresorsinol içerebildiği ve bunun buğdayda bulunan miktarın iki katından fazla olduğu bildirilmektedir. Alkilresorsinollerin biyolojik önemi hakkında az bilgi bulunmaktadır. Bu bileşenlerin diğer fenolik bileşenlere benzer şekilde zararlı mikroorganizmaların saldırısına karşı tahılı koruyan antimikrobiyel etmen olabileceği tahmin edilmektedir. Diğer polifenoller arasında ferulik asit ve tirozin bulunduğu, özellikle yüksek ekstraksiyon unundan yapılan hamurda, tirozinaz enzimi ile tirozin oksidasyonunun hamurun ve ekmek içinin kararmasına sebep olabileceği bildirilmiştir. Çavdarın her 100 g lipit için,  $\beta$ -karoten, lutein, lutein-5-6-epoxyde, taraxanthin ve polycy-lycopene B'



den oluşan 15-28 mg (ortalama 19 mg) karatenoid içerdiği belirtilmiştir (Lasztity, 1999).

#### **2.4.9. Nişasta olmayan polisakkaritler**

Çavdar tanesinin nispeten yüksek miktarda, pentozanlar ve hemiselülozlar olarak sınıflandırılmış nişasta olmayan ve selüloz içermeyen polisakkaritler içerdiği, bu bileşenlerin yüksek su absorpsiyon kapasitesi ve yoğun şişme nedeniyle çavdar unu ürünlerinin ekmek içi özelliklerini etkilemede önemli rol oynadığı, nişasta olmayan polisakkarit miktarının çekirdeğin %5-11' i arasında değiştiği ifade edilmiştir. Arabinoksilanların çavdar tanesinin en önemli ve en çok çalışılan nişasta olmayan polisakkaritleri olduğu bilinmektedir. Çavdar arabinoksilanının moleküler ağırlığının 90 kDa' dan 1170 kDa' a kadar değiştiği rapor edilmiştir (Lasztity, 1999).

Diğer nişasta ve selüloz olmayan polisakkaritler için araştırmaların yetersiz olduğu, bununla birlikte çavdarda ve tritikalede glukoz polimerleri (glukanlar), mannoz içeren polisakkaritler, galaktanlar (galaktoz içeren bileşenler) ve karışık polimerlerin (glikomannanlar, ksiloglukanlar vb) bulunduğu bildirilmektedir (Lasztity, 1999).

#### **2.4.10. Besinsel lifler**

Tahıl tanelerinin hücre duvarı polisakkaritleri (besinsel lif) ve nişasta, tam tahıl ürünlerinin tüketimi ile obezite, tip II diyabet, kardiyovasküler hastalıklar ve kalın bağırsak kanseri risklerini azaltıcı sağlık yararlarına katkıda bulunan bileşenler olduğu bildirilmektedir. Bu etkilerin fizyolojik temelleri polisakkaritlerin yapısı, fiziksel özellikleri ve gastrointestinal sistemdeki davranışları ile ilgili olarak gözden geçirilmektedir (Lafiandra vd., 2014). Besinsel lif teriminin, sayısız önemli gastrointestinal ve sistemik bedensel süreçleri farklı şekilde etkileyen bir dizi çeşitli bileşiği kapsadığı ifade edilmektedir (Brownlee, 2011).

Çok yüksek besinsel lif içeriği ve ilgi çekici besinsel lif kompozisyonu ile çavdarın eşsiz bir tahıl olduğu bilinmektedir (Aman vd., 2010). Besinsel lifin zengin olduğu tahılların dış tabakası öğütme sırasında kepek ile birlikte uzaklaştırılmaktadır fakat çavdar genellikle tam tahıl olarak tüketildiğinden özellikle önem taşımakta ve elenmiş ununda bile yüksek besinsel lif içeriğine sahip olduğu bildirilmektedir.

Çoğu ülkede tavsiye edilen besinsel lif alımı 25-35 g/gün' dür fakat Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi' ne (EFSA, 2010) göre bu alım seviyelerine doğu yarım kürede nadiren ulaşılmaktadır. Yeterli miktarda besinsel lif alımı bağırsağın düzenli çalışmasında çok önemli olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca EFSA günde 25 gramdan daha yüksek seviyelerde lif içeren gıdaların tüketimi ile, koroner kalp rahatsızlıkları ve tip II diyabet riskini azaltma ve kilo yönetimini iyileştirme gibi sağlığa faydalı etkilerini bildirmektedir (Pautanen ve Aman, 2014). Çizelge 2.2.' de besinsel lif komplekslerinin fizyolojik etkileri verilmiştir (Kujala, 2006).

Çizelge 2.2. Besinsel lif komplekslerinin fizyolojik etkileri

Organ	Etki Mekanizması	Potansiyel Sağlık Etkisi
Dişler	Fazla çiğneme gerektirir Tükürük salgısını artırır.	Diş çürümelerine karşı koruma sağlar. Dişetini sağlıklı tutar.
Mide	Tükürük ve mide suyu salgısını artırır. Mide içeriğinin boşaltılma oranını düşürür ve tokluk hissini uzatır.	Tatmini artırır, yeme ve kilo vermeyi engeller
Sindirim Yolu	Bağırsak geçiş süresini kısaltır. Zararlı maddeleri seyreltir. Kalın bağırsaktaki bakteri popülasyonu için faydalıdır. Östrojen düzeylerini düşüren östrojenlerin enterohepatik dolaşımını keser.	Kabızlığı önler. Göğüs ve kolon kanseri riskini azaltır. Bağırsakta safra asidi metabolizmasını olumlu bir şekilde değiştirir.
Kardiyo-vasküler Sistem	Diyet kolesterolünün emilimini engeller. Safra asitlerinin bağırsağa salınmasını artırır. Plazma trigliserid düzeylerini ve kan pıhtılaşma özelliklerini etkiler.	Kan kolesterol düzeylerini düşürür. Kalp hastalığı ve safra taşı riskini azaltır.
Kan Glukozu	Karbonhidratların emilimini yavaşlatır.	Özellikle diyabetli bireylerde kan şekeri seviyesini dengeler.

Çavdar kepeğinin hücre duvarı önemli bileşenler olarak selüloz ve farklı ksilanlar ile birlikte ekstrakte edilemeyen besinsel liflerce zengin olduğu, ksilanların fermentasyona nispeten dirençli hale getiren fenolik bileşenlerle genellikle çapraz bağlı olduğu, çavdarda ekstrakte edilebilir besinsel lif içeriğinin yüksek olduğu ve bileşiminde fruktan ile  $\beta$ -glukan gibi fermente olabilen bileşenlerle arabinoksilan gibi daha yavaş fermente olabilen bileşenler bulunduğu bildirilmektedir. Hem ekstrakte olabilir  $\beta$ -glukan hem de arabinoksilan yüksek molekül ağırlıklı polimerlerdir ve hamurun reolojik özellikleri ile sindirim üzerine önemli etkilerinin olduğu ifade edilmiştir (Aman vd., 2010).

Son 200 yılda insanların beslenme düzenindeki değişiklikler ve hareketsiz yaşam biçimlerinin ortaya çıkmasının, artan şişmanlık oranı ve tip II diyabet ile kalp hastalıkları gibi kronik hastalıklara yol açtığı, insan diyetinde en belirgin değişikliklerin bazılarının yüksek lif, tam tahıllı gıdalar, meyve ve sebzelerin, et proteinleri ve hızla sindirilebilen karbonhidratlarla (işlenmiş tahıl ve şeker ilavesi) değiştirilmesi olduğu ifade edilmektedir. Yüksek lif ve düşük glisemik indeksli gıdalardan uzaklaşmak, bu kronik hastalıkların yükselmesinin bir nedeni gibi gözükmektedir. Araştırmalara göre yüksek lif düşük glisemik indeksli gıdalar sadece glisemik kontrolü iyileştirmedeği ayrıca beden ağırlık yönetiminde de faydalı olduğu bildirilmektedir (Kendall vd., 2010).

Besinsel lif, the American Association of Cereal Chemists (AACC) tarafından şöyle tanımlanmaktadır: Kalın bağırsakta tam ya da kısmi fermentasyona uğrayan, insan ince bağırsağındaki absorpsiyon ve sindirime dirençli olan yenilebilen bitki kısımları veya benzer karbonhidratlardır. Besinsel lifin polisakkaritler, oligosakkaritler, lignin ve benzeri maddeleri içerdiği, laksatif etki de dahil olmak üzere, kanda kolesterolü ve glukozu azaltma gibi faydalı fiziksel etkileri teşvik ettiği ifade edilmiştir (Pautanen ve Aman, 2014).

*Codex Alimentarius*' a göre ise besinsel lif; “insan ince bağırsağında endojen enzimlerce hidrolize olmayan, on ya da daha fazla monomerik üniteli karbonhidrat polimerleridir” diye bildirilmekte ve aşağıdaki kategorilere ayrılmaktadır:

- Gıda tüketildiğinde doğal olarak ortaya çıkan yenilebilen karbonhidrat polimerleri
- Gıda ham maddelerinden fiziksel, enzimatik veya kimyasal yollarla elde edilen, yetkili makamlarca genel kabul görmüş, bilimsel kanıtlar ile sağlığa fiziksel fayda etkisine sahip olduğu gösterilmiş olan karbonhidrat polimerleri
- Yetkili makamlarca genel kabul görmüş, bilimsel kanıtlar ile sağlığa fiziksel fayda etkisine sahip olduğu gösterilmiş olan sentetik karbonhidrat polimerler. (Pautanen ve Aman, 2014).

Çavdar besinsel lifin %20 içerik ile bilinen tüm gıda tahılları içinde toplam en yüksek miktarını içermektedir. Başlıca besinsel lif bileşenlerinin arabinoksilan (%7-12), fruktan (%4-6), selüloz (%1-3), karışık bağlantılı  $\beta$ -glukan (%1-3) ve lignin (%1-2) olduğu bildirilmiştir (Pautanen ve Aman, 2014).

Besinsel lif bileşenlerinin yapı, moleküler ağırlık ve ekstrakte olabilirlik gibi farklı özellikleri, onların fiziksel etkileri ve fonksiyonel özellikleri için önemli olduğu bildirilmiştir. Besinsel lif bileşenlerinin hem içeriği hem de karakteristikleri, farklı çavdar öğütme fraksiyonları ve farklı çavdar ürünleri arasında farklı olabildiği; un fraksiyonlarının toplam besinsel lif, arabinoksilan,  $\beta$ -glukan, fruktan, selüloz ve ksalon lignini kepek fraksiyonlarından daha düşük miktarda içerdiği, ayrıca arabinoksilan ve  $\beta$ -glukanın molekül ağırlıklarının unda ve kepekte farklılık gösterdiği ifade edilmektedir (Pautanen ve Aman, 2014).

Çavdar tanesi ve çavdar ununun işlenmesinin besinsel lif bileşenlerini büyük ölçüde etkilediği,  $\beta$ -glukanın molekül ağırlığının ekme yapımı sırasında özellikle hamur karıştırma ve fermentasyon sırasında önemli derecede azaldığı, arabinoksilanların molekül ağırlığının ekme yapımından daha az derecede etkilendiği bildirilmektedir.  $\beta$ -glukanın ekstrakte edilebilirliği işlem sürecinden etkilendiği; örneğin ekstrude çavdar ürünlerinde çavdar ekmeğinden daha yüksek olduğu, fruktan içeriğinin çavdar ekmeği yapımı sırasında düşebildiği ve moleküler ağırlık dağılımının da maya ilavesi ile etkilendiği ifade edilmiştir (Pautanen ve Aman, 2014). Çizelge 2.3.' te tam tahıllı buğday, tam tahıllı çavdar ve kabuksuz yulafın besinsel lif içeriği ve kompozisyonu verilmiştir (Frølich vd., 2013).

Çizelge 2.3. Tam tahıllı buğday, tam tahıllı çavdar ve kabuksuz yulafın besinsel lif içeriği ve kompozisyonu \*

Bileşen (%)	Buğday	Çavdar	Yulaf
Toplam Besinsel lif	13.5	19.9	10.2
Arabinoksilan	5.6	8.9	2.0
Selüloz	2.5	2.9	1.3
$\beta$ -glukan	0.8	1.5	5.0
Fruktan	1.3	4.1	0.2
Ksalon lignin	0.8	1.1	1.4

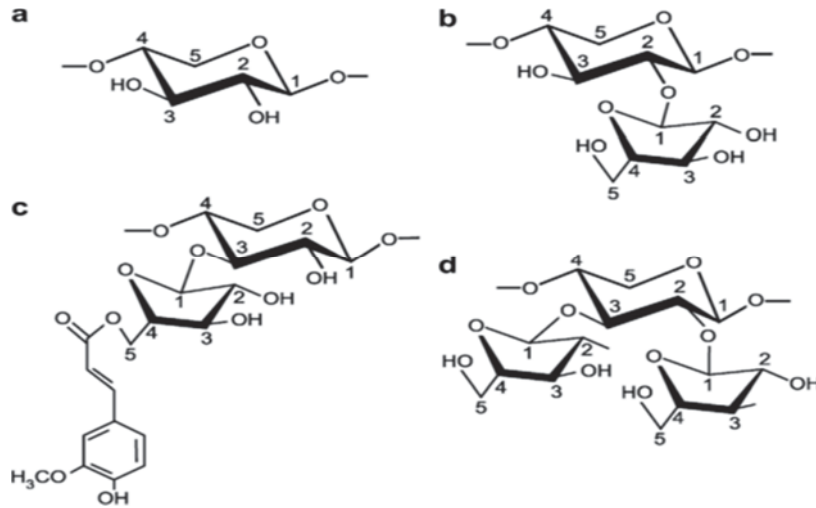
\*Sonuçlar kuru madde üzerinden verilmiştir.

#### 2.4.10.1. Arabinoksilanlar

Çavdardaki en önemli besinsel lif bileşeninin ve hücre duvarı yapı taşlarının en geniş bölümünü temsil eden kısmın arabinoksilanlar olduğu (Vinkx ve Delcour, 1996) ve

genel olarak çavdarın en yüksek arabinoksilan seviyesine sahip olan tahıl olduğu bildirilmektedir (Bengtsson vd., 1992).

Arabinoksilanların tahıl hücre duvarı polisakkaritlerinin ana fraksiyonlarını oluşturduğu (Izydorczyk ve Biliaderis 1995), toplam polisakkaritlerin %55' ini temsil ettiği (Bach Knudsen ve Lærke, 2010) ve çavdar arabinoksilanının O-2 pozisyonunda, O-3 pozisyonunda ya da her ikisinde, değişen derecelerde çoğunlukla  $\alpha$ -L-arabinofuranosyl kalıntıları ile ikame edilmiş (1 $\rightarrow$ 4)- $\beta$ -D-xylopyranosyl kalıntılarının omurgasından oluştuğu ifade edilmektedir. Toplam arabinoksilanın A/K oranı farklı çalışmalarda 0.49-0.82 ve ekstrakte olabilir arabinoksilan oranı 0.34-0.85 olarak verilmektedir (Bach Knudsen ve Lærke, 2010). Yapı buğday arabinoksilanına benzediği ancak farklı şekilde bağlı olan arabinofuranosyl kalıntılarının oluşumunda farklılıklar gözlemlendiği (Vinkx ve Delcour 1996), bazı arabinofuranosyl kalıntılarının O-5 pozisyonunda ferulik asit kısımları ile ikameli olduğu bildirilmiştir (Nyström vd., 2008). Şekil 2.3.' te arabinoksilanlarda bulunan yapı elemanları verilmiştir (Izydorczyk and Dexter, 2008).



Şekil 2.3. Arabinoksilanlarda bulunan yapı elemanları: (a) ikame edilmemiş Xylp; (b) O-2'de tekli ikame edilmiş Xylp; (c)  $\alpha$ -L-Arabinofuranosyl' e esterlenen ferulik asit kalıntısı ile O-3'de tekli ikame edilmiş Xylp ve (d) O-2,3'de iki kez yer değiştirmiş olan Xylp

Arabinoksilanlar gastrointestinal sistemin farklı bölümlerinde fizyolojiyi etkilediği, çavdar arabinoksilanının kompleks moleküler yapısının onu ince bağırsaktaki mikrobiyel modifikasyonlara karşı dirençli yaptığı, bu sebeple arpa ve yulaftaki  $\beta$ -glukana göre çavdar arabinoksilanının ince bağırsak sindiriminde vizkozite üzerine

çok daha yüksek bir etkiye sahip oldukları bilinmektedir (Bach Knudsen ve Lærke, 2010).

Tahıl arabinoksilanlarının A/K' un oranı, arabinozun ikame modeli, feruloil grupları içeriği ve moleküler boyut bakımından çok fazla sayıda heterojenlik gösterdiği, sulu çözeltilerde arabinoksilanların üç boyutlu yapısının ve fizikokimyasal özelliklerinin (vizkozite, katılaşma potansiyeli, moleküller arası ortaklık) model ve gerçek gıda sisteminde belirli yapı-nitelik ilişkileri kurulmuş olan polisakkaritlerin özelliklerine bağlı olduğu, buğday ve çavdar arabinoksilanlarının fırıncılık ürünlerinde hamurun mekanik özelliklerini, ayrıca doku ve diğer son ürün kalite özelliklerini etkileyen önemli fonksiyonel unsurlar olduğu bildirilmektedir (Izydorczyk ve Biliaderis 1995). Çizelge 2.4.' te çavdar ürünlerinin arabinoksilan içeriği ve polimerlerin arabinoz/ksiloz oranı verilmiştir (Lasztity, 1999)

Çizelge 2.4. Çavdar ürünlerinin arabinoksilan içeriği ve polimerlerin arabinoz/ksiloz oranı

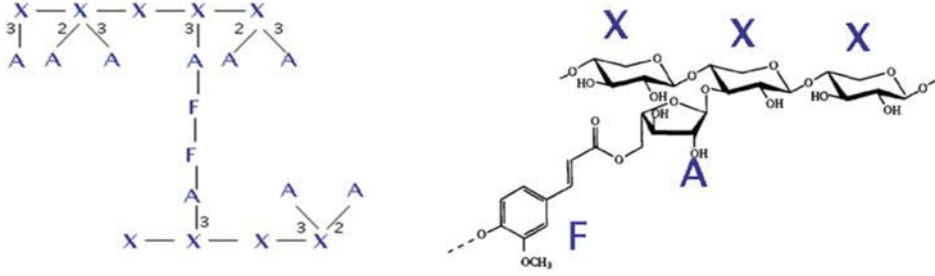
Örnek	Suda Çözünür Arabinoksilan		Toplam Arabinoksilan	
	%	A/K Oranı	%	A/K Oranı
Tam Tane	3.58	0.61	6.69-12.57	0.54-0.59
Endosperm	-	-	3.56-4.25	0.56-0.60
Fraksiyonlar	1.52-3.78	0.76-0.81	1.82-19.92	0.74-1.09
Kepek	2.1	0.54	12.6	0.51

Çavdar arabinoksilanları yapıya ve ekstrakte olabilirliğe dayalı olarak kısmen çakışan 4 sınıfa ayrıldığı bildirilmiştir:

- **Birinci sınıf:** Başlıca 3-monosubstitued ksiloz ve unsubstituted ksiloz dan oluşan, yüksek molekül ağırlıklı arabinoksilanlardır, ikame edilmiş (disubstituted) ksiloz düşüktür ve arabinoz/ksiloz oranı 0.5' tir (Bengtsson ve Aman, 1990).
- **İkinci sınıf:** Kısmen suda çözünebilirdir, ikame edilmiş ksiloz çok yüksektir ve arabinoz/ksiloz oranı 1.4' tür (Bentsson vd., 1992). Arabinoksilanların bu sınıfı endoksilanaz muamelesinden sonra izole edilmiştir.
- **Üçüncü sınıf:** Alkali ekstraktın nötralizasyonundan sonra çökelti olarak elde edilen çavdar arabinoksilanlarının bu sınıfı çok seyrek olarak ikame edilmiştir ve arabinoz/ksiloz oranı 0.1' dir. Başlıca çavdarın kepek fraksiyonunda bulunur.

- Dördüncü sınıf: Çavdar arabinoksilanlarının karmaşık yapılı pek çok dallanmış heteoksilandan oluşan kısmıdır (Pautanen ve Aman, 2014).

Şekil 2.4.' te arabinoksilanın şematik ve ayrıntılı yapıları verilmiştir (Lufiandra vd., 2014).



Şekil 2.4. Arabinoksilanın şematik (sol) ve ayrıntılı (sağ) yapıları

Arabinoksilanların biyoteknolojik proseslerde ve uygulamalarda tahılların fonksiyonelliğinin temel etkenleri olduğu, yüksek su bağlama kapasitesinin, çavdar ekmeğinde gaz tutulmasını ve somun hacmini kuvvetli şekilde etkilediği ve ayrıca suda ekstrakte edilebilir arabinoksilan fraksiyonunun yüksek viskozitesinin de yüksek su bağlama kapasitesine bağlı olabileceği bilinmektedir (Vinkx ve Delcour 1996). Suda ekstrakte edilebilir arabinoksilanların formik asit köprüleri kurarak kimyasal ya da enzimatik oksidasyon ile arabinoksilan zincirlerinin kovalent çapraz bağlanması ile jel oluşturabildiği (Vinkx ve Delcour, 1996), çavdar arabinoksilanlarının reolojik özelliklerinin başlıca çözünürlüğü, moleküler ağırlığı, ince yapısı ve karbonhidrat olmayan ikame edicilerin varlığına bağlı olarak değişmekte olduğu ifade edilmektedir (Bach Knudsen ve Lærke, 2010).

## 2.5. Çavdarın Tüketimi, Besinsel Önemi ve Sağlık Üzerine Etkileri

Çavdar insan beslenmesinde sağlıklı bir enerji kaynağı olarak kabul edilmektedir. Yüksek ekstraksiyon öğütme ürünleri ve tam tane unu sebebiyle yüksek mineral ve besinsel lifleri içeriği, faydalı amino asit içeriği (yüksek su çözünürlüğü ile ifade edilen) yüksek kolayca sindirilebilen proteinleri ve vitamin B içeriği ile modern insanlığın yağ ve enerji açısından zengin beslenmesine yararlı bir ürün olduğu bildirilmektedir (Henry ve Kettlewell, 1996).

Çözünen ve çözünmeyen besinsel lif içeriğinin sağlığa faydalı etkileri nedeniyle tüketiciler, gıda otoriteleri ve tarımsal sanayi sektörü tarafından ilgi

kazanmıştır. Besinsel lif alımındaki artışın bağırsak problemlerinin azalması, iştah azalması, kan glukoz kontrolünün geliştirilmesi ve serum kolesterol seviyesinin azaltılmasıyla ilgisi bulunduğu, besinsel liflerce zengin bir diyetin obezite, diyabet, kardiyovasküler hastalıklar gibi kronik rahatsızlıkları ve belirli kanser risklerini azaltabildiği, tahıllar arasında çavdarın en yüksek besinsel lif içeriğine sahip olduğu ve bu yüzden tüm dünyada olduğu gibi Kuzey ülkelerinde de sağlıklı gıdalarda bu tahılın yeni uygulamaları için araştırmaların arttığı bildirilmektedir (Aman vd., 2010).

Finlandiya' da nüfusun %85' i çavdar ekmeği tükettiği ve tüketimin erkeklerde 124 g/gün kadınlarda 78 g/gün olduğu bildirilmiştir. Bunun anlamı, çavdar ekmeği Finlandiya' da besinsel lif tüketiminin en önemli kaynağı olmasıdır (Paturi vd., 2008). Çavdar ekmeğinin geleneksel formunda sıklıkla iç tane katmanlarının yanı sıra dış tane katmanlarının da kullanıldığı, çavdar ekmeğinin bu yüzden halk sağlığı için önemli bir role sahip olduğu ifade edilmektedir (Pautanen ve Aman, 2014).

Besinsel lif alımının yüksek olduğu kişiler koroner kalp hastalığı, felç, hipertansiyon, diyabet, obezite ve belirli gastrointestinal hastalıkların gelişimi açısından belirgin olarak daha düşük risk grubunda kabul edilmektedir. Lif alımındaki artışın kan basıncını ve serum kolesterol seviyesini düşürdüğü, çözünebilir lif alımı artışının diyabetik olmayan ve diyabetli bireylerde glisemik ve insülin duyarlılığını iyileştirdiği, obez bireylerde lif ilavesinin kilo kaybını önemli derecede artırdığı, lif alımındaki artışın gastroözofageal reflü hastalığı, oniki parmak bağırsağı ülseri, divertikülit, kabızlık ve hemoroid gibi bir dizi gastrointestinal rahatsızlığa faydalı olduğu ve prebiyotik liflerin bağırsaklık fonksiyonunu güçlendirdiği bildirilmektedir. Çocuklar ve yetişkinler için önerilen besinsel lifi alımı 14 g/1000 kcal' dir. Gıdalardan veya gıda takviyelerinden gelen lif tüketimini arttırmak için daha etkili iletişim ve tüketici eğitimi gerekmektedir (Anderson vd., 2009).

Diyetin inflamatuvar bağırsak hastalığının yaygınlığını ve kalın bağırsak kanserini azaltmak gibi kolonik sağlık üzerine etkilerinin bulunduğu bilinmektedir. Beslenme yöntemi ile bağırsak bakterilerinin düzenlenmesi ve kompozisyonlarının dengelenmesinin bağırsak hastalıklarının önlenmesinde kritik olduğu, sağlıklı bir diyetin (yağlı, düşük besinsel lifli, rafine karbonhidratları içeren diyetler) önemli bir risk faktörü olduğu kabul edilmektedir. İnsan ve hayvanlar üzerine yapılan çalışmalar, tam çavdar besinsel lifi içeren diyetlerin özellikle bütiratın kısa zincirli yağ asitleri üretimini tetikleyerek potansiyel toksik bileşenlere karşı kolonik epitelin hassasiyetini azaltırken düşük lifli diyetlerin kısa zincirli yağ asitlerinin üretimini sınırlayacağını ve



potansiyel risk faktörünün yüksek lüminal konsantrasyonlarını artıracığını gösterdiği ifade edilmiştir (Pautanen ve Aman, 2014).

Yemek yeme motivasyonunu etkileyen açlık ya da tokluk hislerinin, enerji harcamaları ile enerji alımlarının dengelenmesinde biyolojik düzenleyici işlevlerin sonucu olduğu ifade edilmektedir. İştah düzenlenmesinin altında yatan sistem, gıda alımı öncesinde ve sonrasında meydana gelen, bilişsel ve fizyolojik faktörleri içeren kompleks bir ağ olarak bildirilmektedir (Blundell, 1999). Gıda alımına fizyolojik yanıtın gıdaların kalitesi ve miktarı konusunda beyni bilgilendiren, iletici sinirsel ve endokrin hormonal sinyalizasyon içerdiği (Ritter, 2004), gıdaların makrobesin kompozisyonunun, diyetin enerji yoğunluğu ve gıdaların fiziksel yapısı doygunluk ve tokluğu etkileyen önemli özellikler olduğu bildirilmektedir (Karhunen vd 2008; Rolls, 2009). Besinsel lif içeriği tokluk artışıyla ilişkilendirilmiştir (Slavin ve Green, 2007) ve çavdar tam un olarak tüketilen ve özellikle besinsel lif içeriğinin yüksek olduğu bir tahıldır ve bu nedenle tokluk hissi de oluşturmaktadır (Aman vd., 2010).

## **2.6. Çavdarın İşlenmesi**

İnsan tüketimi için çavdar tohumunun işlenmesinde en yaygın işlemlerin öğütme ve ekmek yapımı olduğu, öğütmenin amacının, nişastalı endospermden kepek ve germin ayrılması ve un elde etmek için nişastalı endospermin boyutunun küçültülmesi olduğu, çavdarın öğütülmesinin buğdaydan farklı olduğu, çavdar tanelerinin buğday tanelerinden daha küçük ve kepekten endosperm ayrılmasının buğdaya göre daha az olduğu bilinmektedir. Bu nedenle, çavdar ununun ekstraksiyon oranı buğday unundan daha az, kül içeriği de her zaman daha yüksek olmaktadır (Hui, 2006).

### **2.6.1. Çavdarın temizlenmesi ve tavllanması**

Öğütmeden önce çavdar tanesinin taşlardan, manyetik nesnelere, kırılmış çavdar tanelerinden, buruşuk tanelerden, yulaftan ve ergottan ayırmak için temizlendiği, temizlemenin boyut, yoğunluk ve şekil temeline dayalı bir ayırma işlem olduğu bildirilmiştir (Hui, 2006).

Temizlenmiş çavdarların öğütme işleminin optimum koşullara getirilmesi için gerekli miktarda nem eklenerek tavlандığı, çavdarın çoğu durumda %15 (buğday için tercih edilen nem seviyesinden %1 düşük) seviyesinde nem ile öğütüldüğü ve genellikle buğdaydan daha kısa süre de (en az 2-4 saat, maksimum 6 saat) tavlандığı,

bunun nedeninin çavdarın daha zayıf hücre yapısı sebebiyle, suyun çavdar tanesine buğday tanesinden daha hızlı nüfuz etmesi olduğu ifade edilmektedir. Tavlama işleminin bakteri sayısını azaltmak için elimine edilebildiği ancak eğer çavdar aşırı kuru öğütülürse, kepeğin daha küçük parçacık boyutlarına parçalanma riski oluşacağından çavdar ununun kirletilebildiği bildirilmiştir. Tavlamadan sonra gerçekleştirilen ikinci temizleme aşaması ile yüzey kırı, serbest tüyler ve dış kepek tabakalarının uzaklaştırıldığı, öğütmeden hemen önce ilave %0.5 nem eklendiği belirtilmektedir (Hui, 2006).

## **2.7. Çavdarın öğütülmesi**

Avrupa’ da çavdar öğütmede kullanılan en önemli öğütme proseslerinin silindir ve dişli sistemler olduğu, silindir öğütmede silindirlerin her geçişinin basınç ve kayma kuvveti ile parçacık boyutunun azaltılmasını kapsadığı, silindirlerin öğütülecek ürüne göre özelleştirildiği ve boyutları, yüzey olukları, dönüş hızları ve zıt yönde farklı hızlarda dönen silindir çifti arasındaki boşluğun seçilebildiği veya ayarlanabildiği bildirilmiştir (Hui, 2006).

Öğütmenin genellikle, ön parçalama ve ezici silindirler ile başladığı, 6-7 kırma valsi, 6 kepek ayırıcısı ve 6 redüksiyon valsi ile devam ettiği, yassı valsler dışında (1:1 oranında) tüm valslerin 3:1 diferansiyel hızla çalıştığı, ilk 4 kırma ve redüksiyon valsinin hafif hafif ve takip eden kırmanın keskin keskin çalıştırıldığı, elek ve merkezkaç elekten oluşan kompleks bir eleme sistemi kullanıldığı ve bu proseste çavdarın, farklı öğütme akışlarına ayrıldığı, bunların bir kısmının nihai unu vermek üzere birleştirildiği ifade edilmektedir. Hemen hemen tüm akışlar kullanıldığında, yaklaşık %100’ lük bir ekstraksiyon oranına ulaşıldığı ve tam tane çavdar unu elde edildiği, dış tabaka malzemelerini içeren fraksiyonların artan sayısı prosesin dışında bırakıldığında, ekstraksiyon oranlarının azalmakta olduğu, düz işlenmiş un için tipik bir ekstraksiyon oranının %58-68 olduğu bildirilmektedir (Hui, 2006).

Çavdarın, etkili parçalamayı sağlayan darbeli değirmenlerde öğütüldüğü, bu işlemin %17-18 nem içeriği gerektirdiği için çavdarın ikinci kez tavlandığı, darbeli öğütmede 5-7 öğütme aşaması kullanıldığı, ekstraksiyon oranı, kül içeriği, un kalitesinin darbeli ve silindir değirmenlerde aynı olduğu, bununla birlikte nişasta hasarının darbeli değirmenden elde edilen çavdar ununda, gerekli öğütme adımlarının

sayısı nedeniyle silindir değirmenlerden daha düşük olduğu ifade edilmektedir (Hui, 2006).

### 2.7.1. Çavdar bileşenlerinin çavdarın öğütülmesi üzerindeki etkisi

Çavdarın arabinoksilan seviyesinin buğdaydan daha yüksek ve dolayısıyla öğütülmesinin daha zor olduğu, arabinoksilanların higroskopik olduklarından, unun ortam nemini emdiği ve topaklaşmaya neden olduğu, bu durumun elemeyi engellediği, bu nedenle çavdarın, buğdaya göre daha düşük bir nem muhtevasında öğütüldüğü ve daha fazla eleme yüzeyi gerektirdiği ifade edilmektedir (Hui, 2006).

### 2.7.2. Çavdar ürünleri

Genel olarak son yıllarda tüketiminin geleneksel olarak yüksek olduğu ülkelerde çavdar tüketiminin düştüğü, tüketimin düşük olduğu ülkelerde ise arttığı, çavdar üzerinde yapılan araştırmaların ve sağlık üzerindeki olumlu etkilerinin hali hazırda tahıl endüstrisinde çavdara olan ilgiyi arttırdığı, birkaç yenilikçi çavdar ürününün üretildiği ve tüketicilerin çavdara olan ilgisinin artırıldığı bildirilmektedir (Kujala, 2006). Çavdar ekmeği yanında, zencefilli kek, püre, hamur işleri, kahvaltılık tahıllar ve makarna gibi ürünler yanında alkollü içecekler üretmek için fermente de edilebilen (Hui, 2006) çavdardan elde edilen tüketici ürünleri Çizelge 2.5.' te verilmiştir (Kujala, 2006).

Çizelge 2.5. Çavdar esaslı tüketici ürünleri

Öğütme Ürünleri	Ekmek Ürünleri	Diğer Çavdar Ürünleri
Tam tane çavdar	Çavdar ekmeği	Çavdar lapası
Ezilmiş çavdar taneleri	Gevrek ekmeği	Meyveli hamur işleri
malt ve ezilmiş çavdar taneleri	İnce gevrek ekmeği	”Kalakukko” (balık, et yada sebze içeren çavdar ürünü)
Önceden pişirilmiş çavdar taneleri	Rol çavdar ve çörek	”Mämmi” (Fin Paskalya pudingi)
Çavdar maltı	Rol, çörek ve buğday/çavdar karışık ekmeği	Çavdar makarnası
Tam tane çavdar unu		
Elenmiş çavdar unu		
Çavdar külü		Pirinç-çavdar karışımı
Çavdar gevreği		Atıştırmalık ürünler
Kahvaltılık tahıllar (müsli vb)		Gevrek ekmeği sandviç
Ekşi hamur çavdar ekmeği karışımı		Çavdar hamburger

## 2.8. Öğütme ürünleri

Çavdar yetiştiriciliğini dünyanın bazı bölümlerinde önemli yapan çevresel koşullar (iklim, toprak) ile nüfusun yeme alışkanlıklarının bölgeler arasındaki farklılıkları etkilediği, bu durumun neticede çeşitli formül ve tarifler kullanılarak çavdarın çeşitli öğütme ürünlerinden üretilen çok sayıda fırıncılık ürünleri meydana getirdiği bilinmektedir (Henry ve Kettlewell, 1996).

Çavdar öğütme ürünlerinin, mineral içeriği, rengi ve kalınlığı farklı olan un, iri tanecikli elenmemiş un ile tam tane unu olduğu, ana ürünlerin orta ve iri tanecikli unlar olduğu ve bu ürünlerin ortalama %1.0–1.2 mineral içeriğine sahip oldukları bildirilmektedir (Henry ve Kettlewell, 1996).

Çavdar tanesinin vizkoz özellikleri sebebiyle, çavdar ununun genellikle buğday unundan daha ince olduğu, sert çavdar tanesinin (camsı), unsu taneye göre pentozan içeriği daha yüksek olan daha az iri un ürettiği, çimlenme hasarı olan bir çavdar tanesinin, pişirme kalitesinin geliştirilmesi için çarelerin sınırlı olduğu, çavdar çekirdeğinin enzim açısından zengin kısmının elekten kepeğe geçmesinin bir sonucu olarak genellikle un veriminin düştüğü ve un taneleri üzerindeki enzim aktivitesini yavaşlatmak ve azaltmak için daha kaba öğütme ürünleri üretildiği ifade edilmektedir (Henry ve Kettlewell, 1996).

Olumsuz koşullarda yetiştirme ve olgunlaşma sürecinde çavdar tanesinin öğütme kalitesini ve proses değerini etkileyen değişimlere maruz kalabildiği, bu durumun aynı zamanda tanenin nişasta ve proteinlerle şekillendirilmesini ve doldurulmasını ve filizlenen hasar derecesini yansıtan enzimatik durumları da etkilediği bildirilmiştir (Henry ve Kettlewell, 1996).

Öğütme ve pişirmede çoğunlukla yüksek tane ağırlığı ve hasat öncesi filizlenmeye direnç gereksinimi olduğu, düşük dormansitesi sebebiyle eğer hava şartları ılık ve nemli ise çavdar tanelerinin hasattan hemen önce çimlenmeye başlayabileceği, bu durumun nişastanın bozulmasına ve pişirme kalitesinin azalmasına sebep olacağı, düşme sayısı metodunun  $\alpha$ -amilaz aktivitesi ve ürün verimi üzerine fikir verdiği bildirilmektedir (Carena, 2009).

## 2.9. Fırıncılık ürünleri

Çavdar ve diğer öğütülmüş ürünler ile un türleri içeriğinin çavdar fırıncılık ürünlerinin sınıflandırılmasında dikkate alınan özellikler olduğu, Alman sınıflandırmasına göre çavdar ekmeğinin en az %90 çavdar öğütme ürünlerinden oluştuğu, ekmeğin yapımındaki öğütme ürünlerinin farklı türlerin unları, kaba un ve tam tane ürünleri olduğu, ekmeğin yapımındaki bu öğütme ürünlerinin yalnız başına kullanılabildiği gibi fırın ürünlerinin şekil, renk ve flavorunda arzu edilen spesifik etkilerin elde edilmesi için diğer çavdar ve buğday öğütme ürünleriyle harmanlanabileceği, sonuç olarak pişmiş ürünlerin çavdar ekmeği, karışık ekmeğin (çavdar veya buğdayın ağırlıklı olarak pay edilmesiyle), küçük fırıncılık ürünleri (sandviç ekmeği vb), özel ekmeğin (steinmetz, çok tahıllı ekmeğin, pumpernickel) diyet ürünleri (nutritif değeri veya tuz içeriği azaltılmış) ve poğaçaya (kahvaltılık ekmeğin, zencefilli çörek) olarak sınıflandırıldığı bilinmektedir (Henry ve Kettlewell, 1996).

### 2.9.1. Çavdar ekmeği

Çavdar ekmeği özellikle Finlandiya, Danimarka, Rusya ve Baltık ülkelerinde geleneksel bir ekmeğin türü olarak bilinmektedir. Çavdar ekmeğinin formu ve lezzetinin bölgeden bölgeye değişkenlik gösterdiği, Finlandiya’ da ülkenin batı bölümündeki çavdar ekmeğinin daha az ekşi ve düz şekilli bir ekmeğin, doğu Finlandiya’ da somun ekmeği formunda ve daha ekşi olduğu, uluslararası alanda bilinen çavdar ekmeği ürünlerinin düz ekmeğin, ince gevrek ve yuvarlak gevrek ekmeğin olduğu bildirilmiştir (Pautanen ve Aman, 2014).

Çavdar ve buğday ekmeği arasındaki temel farklılıkların hacim verimi, ekmeğin içi dokusu ve raf ömrü bakımından farklılığa neden olduğu, çavdar ekmeğinin pişirme hacminin normalde buğdayın yaklaşık yarısı kadar olduğu ancak çavdar ekmeğinin daha uzun bir raf ömrüne sahip olduğu, tat ve aroma açısından da daha zengin olduğu bilinmektedir (Hui, 2006).

Çavdar ekmeğinin tipik olarak yağ, süt veya şeker ilavesi olmadan hazırlandığı ve yalnızca bazı özel türlerin şeker veya şurup içerdiği, çavdar ekmeğinin pişirilmesinin buğdayın pişirilmesinden oldukça farklı olduğu, genellikle çavdar hamurunun yapışkan, pişirme sürecinde işlenmesi zor ve elde edilen ekmeğin dokusunun sıkı ve katı olduğu, çavdar proteininin buğday proteini gibi sürekli bir ağ ve elastik hamur oluşturmadığı, arabinoksilanların çavdar hamurunda temel su bağlayıcı

maddeler olduğu ve bu sebeple hamur reolojisi ve gaz tutma kapasitesi için önemli olduğu ifade edilmiştir (Pautanen ve Aman, 2014).

Çavdarın aleron unu partikülleri ve hücre duvarı polimerlerinin su bağlama kapasitesini ve hamurun reolojik özelliklerini etkilediği, tam unun büyük partiküllerinin (kepek ve iri tane endosperm partikülleri) hamurun sertliğini kısmen belirlediği, ne kadar iri partikül olursa hamurun o kadar katı olduğu, hamurun reolojik özelliklerinin degradasyon oranına ve hücre duvarlarının şişmesine bağlı olduğu bildirilmektedir. Çavdarın pişirme kalitesinin hücre duvarı yapısından etkilendiği, enzim aktivitesinin (hücre duvarı yıkıcı enzimleri ve  $\alpha$ -amilaz) çavdar hamurunun pişirme özellikleri ve ekmek kalitesi için önemli olduğu bilinmektedir. Çavdar ununun pişirme kalitesinin genellikle iki yöntemle belirlenmektedir: Düşme sayısı ve amilogram. Düşük düşme sayısına sahip çavdar ununun hamurumsu ekmekle sonuçlanan yumuşak ve yapışkan hamur verdiği, yüksek düşme sayısına sahip çavdar ununun, sert ve sabit hamur sağladığı, fakat katı ve yoğun ekmekle sonuçlandığı ifade edilmiştir (Pautanen ve Aman, 2014).

Çavdar ekmeği üretiminde kaliteli bir ürün elde etmek için asitlendirmenin ön şart olduğu, bu nedenle çavdar ekmeğinin hazırlanmasında geleneksel ekşi hamur yönteminin kullanıldığı veya bazen de laktik asit ya da diğer organik asitlerle doğrudan asitlendirildiği bildirilmektedir (Hui, 2006).

### **2.9.2. Ekşi hamur prosesi**

Ekşi hamur prosesinin geleneksel olduğu ve çavdar ekmeği üretilen ülkelerin çoğunda hala temel proses yöntemi olarak kullanıldığı, İskandinav ve Baltık ülkelerinde geleneklerin çeşitli olduğu ancak ekşi hamurun genellikle starter, tam çavdar unu ve suyun karıştırılarak düşük pH değerine ulaşması için fermentasyona bırakılması ile hazırlandığı, bu çavdar ekmeğinin lezzetinin karakteristik olarak oldukça yoğun ve ekşi olduğu, bazı kültürlerde ekşi tadın şurup eklenmesi ile telafi edilebildiği, çavdar ekmeğinin yapısının çok sıkı ve şeklinin düz ya da somun tipinde olabildiği, lezzet ve tekstürün unun tipine, diğer ham madde ve bileşenlere, proses ve pişirme koşullarına, zamana ve ayrıca ekmeğin boyut ve şekline bağlı olarak değişkenlik gösterdiği bilinmektedir (Pautanen ve Aman, 2014).

Ekşi hamurun, kendiliğinden gelişen veya laktik asit ve maya eklenmesi ile fermente olan un ve su karışımı olduğu, unun suya oranının ekşi hamurun sıklığını

belirlediği ve hamur verimi olarak ifade edilebildiği bildirilmektedir. Bu oran 100 kısım un ve ayrıca hidrasyon için kullanılan su miktarı (kısım olarak) olarak tanımlanmaktadır. Likit (hamur verimi 200-300), pasta benzeri (hamur verimi 150-200), hamur benzeri (hamur verimi <150) olabildiği, ancak olgunlaşma süresi boyunca ekşi hamurun kıvamını azalttığı, çavdar ekmeği üretimi için farklı ekşi hamur proseslerinin kullanıldığı, bu proseslerin hem empirik deneylere hem de mikrobiyolojik çalışmalara dayandığı ifade edilmektedir. Ekşi hamurun su-un oranının fırından fırına değiştiği, likit ekşi hamurun (hamur verimi 200-300) endüstri için daha pratik olduğu bildirilmektedir. Ekşi hamur prosesi bir, iki ve çoklu aşamaya ayrılabilirdiği, tüm ekşi hamur proseslerinin ilk aşamasının, çavdar unu ve suya starter ekleyerek ana ekşi hamuru hazırlamak olduğu bilinmektedir (Pautanen ve Aman, 2014).

Bir aşamalı ekşi hamur prosedürünün en basiti olduğu ve üç farklı yöntemden oluştuğu, bunların Detmold bir aşamalı ekşi hamur, Monheim tuzlu ekşi hamur ve Berlin kısa ekşi hamur yöntemleri olduğu, bu bir aşamalı ekşi hamurların olgunlaşma sıcaklığının 24-35°C arasında, fermantasyon süresinin 3.5-24 saat aralığında değiştiği, bir aşamalı yöntemin hepsinde son hamura küçük miktarda maya eklendiği, bir aşamalı ekşi hamurun genellikle çavdar-buğday karışımı ekmeklerde kullanılmakta olduğu bildirilmiştir (Pautanen ve Aman, 2014).

İki aşamalı yöntemde gerekli sıcaklığın 25-28°C ve olgunlaşma süresinin 15-24 saat olduğu, temel ekşi hamur aşamasından sonra tam ekşi hamurun 30-33°C' ta 3 saat olgunlaştırıldığı, bir sonraki üretim için tam ekşi hamurdan starter olarak bir parça hamur alınıp muhafaza edildiği ifade edilmiştir (Pautanen ve Aman, 2014).

Çoklu aşama prosedürü klasik ekşi hamur yöntemi olarak belirtilmektedir. Ön-ekşi hamur starter, çavdar unu ve su ile karıştırılıp 22-24°C sıcaklıkta 3-6 saat inkübe edilerek aktive edildiği, olgunlaşma süresinin sonunda, ön-ekşi hamura çavdar unu ve su ilave edilip, yoğurulup 25-28°C' ta 15-24 saat inkübasyonla temel ekşi hamura dönüştürüldüğü, son aşamanın tam ekşi hamurun hazırlanması olduğu (30-33°C' ta 3 saat), çoklu aşama ekşi hamur yönteminde maya kullanılmadığı, ancak son hamura tuz eklendiği bildirilmektedir (Pautanen ve Aman, 2014).

Ekşi hamur tekniği ile elde edilen faydaların, çavdar ununun amilaz aktivitesinin azalması, arabinoksilanların çözünürlük ve hacim artımı kapasitesinin artması olduğu, ekşi hamurun ekmeğe karakteristik bir tat vermekte, mikrobiyel bozulmayı önlemekte ve ekmek içinin bayatlama oranını azaltmakta olduğu, ekşi hamur prosesinin folat, fenolik bileşenler ve serbest fenolik asitler gibi birçok biyoaktif

bileşenin biyoyararlılığını ve antioksidan kapasitesini artırdığı, ekşi hamurun en önemli rolünün, besleyici olarak benzersiz tam tahıl çavdar ununun teknolojik özelliklerini, çavdar ekmeği üretimi için uygun bir hammadde haline getirmek olduğu, ek olarak ekşi hamurun aromayı geliştirmekte, lezzet sağlamakta, genel ekmek kalitesini geliştirmekte ve raf ömrünü uzatmakta olduğu bildirilmektedir (Pautanen ve Aman, 2014).

## **2.10. Endüstriyel ve Diğer Kullanımlar**

Ekmek yapımı ve hayvan yemi olarak kullanımına kıyasla, çavdarın endüstriyel ve diğer amaçlar için kullanım alanının sınırlı olduğu, çavdarın insan gıdası ve yem olarak ihtiyacın sınırlı olduğu çeşitli bölgelerde de vazgeçilmez bir hububat olması nedeniyle ilave kullanım imkanlarının araştırıldığı, çavdar bileşenlerinin, özellikle pentozanların, spesifik fonksiyonel özellikleri sebebiyle çavdardan son ürün eldesi prosesleri ve endüstriyel proseslerin özel olduğu bildirilmektedir. Bu gerçekler çavdar nişastasının, buğday ve mısır nişastası ile aynı amaçla kullanılabilir olmasına rağmen endüstriyel üretiminin neden uygulamaya koyulmadığını açıklayabilmektedir (Henry ve Kettlewell, 1996).

Çavdarın endüstriyel kullanımında viski üretimi, özellikle Kanada çavdar viskisi, en eski ve en zengin geleneklerden biri olarak bilinmektedir. Patentlerde, çavdar ve çavdar öğütme ürünlerinin çoğunlukla etil alkol üretiminde kullanıldığı konusunda geniş bir kanıt bulunmaktadır. Çavdar birası üretimi imkânsız olmamasına rağmen, pentozanların varlığı bira için çavdar kullanımını muhtemelen engellemiş olduğu, çavdar pentozanından furfural üretiminin eski ve geniş çapta kullanılan endüstriyel bir proses olduğu, çavdarın endüstriyel kullanımı kimyasal ve termal modifikasyonlara dayandığından çavdarın kalitesi ve özelliklerinde asgari değerler bulunduğu (Henry ve Kettlewell, 1996), çavdar ve çavdar ürünlerinin yapışkan ve tutkal üretimi, film kaplama, çamur ve petrol kuyusu sondaj malzemeleri, tekstil ve kâğıt üretimi gibi endüstriyel uygulamalarda da kullanıldığı bildirilmiştir (Hui, 2006).

## **2.11. Dünya’ da ve Türkiye’ de Çavdar**

Dünya çavdar ekim alanının 2002’ lerde 9.1 milyon ha değerinde olduğu, yıllar içinde düşüş göstererek 2012’ de 5.6 milyon ha değerine kadar gerilediği, 2012’ de en fazla ekim alanına sahip ülke olan Rusya’ yı Polonya, Almanya, İspanya, Ukrayna ve ABD



takip ettiği, avdar ekiminin çok büyük bir bölümünün (dünya genelinin %72' si) bu ülkelerde yapıldığı, avdar ekiminin kıtalar bazında karşılaştırıldığında ise Avrupa'nın en fazla ekim alanına sahip olduğu, onu Asya kıtasının izlediği, toplam ekimin %93' n bu kıtaların oluşturduğu bildirilmiştir (Topal vd., 2015).

avdar retim miktarının ise 2002' lerde dünya genelinde 20.9 milyon tona, 2012' de 14. 6 milyon tona gerilediği, üretimde artışın sadece Almanya ve in' de olduğu, dünya genelinde avdar üretiminde büyük paya sahip olan Rusya, Ukrayna ve Belarus gibi ülkelerde ise yüksek oranda düşüş grldğ ifade edilmiştir. Çizelge 2.6' da dünya geneli ve başlıca ülkelerdeki 2002-2012 yılları arası avdar verimleri verilmiştir (Topal vd, 2015). Çizelge 2.6.' ya göre 2002 yılında dünyadaki ortalama avdar verimi 230.0 kg/da, 2013 yılında yaklaşık %26' lk bir artışla 290 kg/da olmuştur. Belirtilen yıllarda avdar verimindeki en yüksek artış %125 ile in' de grlmştir. Almanya %9 artışıyla arkasından gelen ülke olmuştur. Ancak bu artışlar değerlendirilirken 548.3 kg/da verime sahip olan Almanya önemli bir verim düzeyine ulaşmış olduğu göz önünde tutulmalıdır (Topal vd., 2015).

Çizelge 2.7.' de Türkiye'de yıllara göre avdar ekim alanı, üretim miktarı ve verimine ait bilgiler verilmiştir (Anonim, 2017b). Çizelgeden de görülebileceği üzere, TÜİK verilerine göre, ülkemizde son 15 yılda avdar ekim alanları 115 bin ha ile 150 bin ha arasında değişmiştir. avdar retimi ise aynı dönemde 255 bin ton ile 300 bin ton arasında değişkenlik göstermiştir. Bu veriler yorumlandığında çavdarın ekim alanları azalsa da birim Ha başına verimin arttığı görülmektedir.

Çizelge 2.6. Dünya geneli ve başlıca ülkelerdeki 2002-2012 arası çavdar verimleri (kg/da)

Ülkeler	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Dünya	230.00	218.20	257.90	222.70	217.30	236.50	268.40	276.20	237.50	253.90	261.70	290.00
Rusya	189.90	186.00	154.40	156.80	170.70	191.80	211.40	206.80	119.60	194.90	149.80	189.30
Polonya	245.50	214.40	276.20	240.50	198.90	237.40	246.90	266.00	268.20	239.50	254.40	286.50
Almanya	503.30	428.70	612.80	508.70	490.50	402.10	508.00	570.00	463.00	410.50	548.30	597.70
Ukrayna	201.60	157.90	222.30	173.10	162.20	166.70	229.10	206.80	166.50	207.40	227.20	228.30
Belarus	225.70	211.30	236.20	217.70	219.60	227.00	275.50	273.90	214.50	244.80	276.00	200.70
Çin	145.30	226.50	214.20	198.50	127.20	243.00	300.00	340.50	316.60	340.00	329.50	325.00
Türkiye	170.00	171.40	188.80	207.60	206.40	182.60	198.50	247.90	259.40	286.50	258.30	264.20
Kanada	174.20	222.10	253.50	242.80	233.60	218.60	240.50	243.10	244.10	246.80	380.60	244.50
ABD	154.80	169.80	172.70	169.50	164.70	157.10	186.10	174.10	176.00	164.00	175.70	173.10
İspanya	172.90	201.90	179.40	145.40	155.50	233.90	253.90	136.70	190.70	245.50	70.70	247.30
Afrika	173.90	171.70	170.20	178.40	185.00	184.30	184.50	185.40	183.30	183.60	180.30	180.20
Amerika	156.40	184.50	204.20	198.80	200.10	191.10	201.20	198.40	205.40	199.90	258.60	198.70
Asya	148.50	190.10	189.50	184.80	143.90	205.40	228.10	261.00	254.60	287.60	267.70	266.60
Avrupa	239.60	224.00	268.30	228.20	227.10	243.20	277.70	283.80	240.70	256.60	264.60	300.20

Çizelge 2.7. Türkiye’ de yıllara göre çavdar ekimi, üretimi ve verimi

Yıl	Ekilen Alan (Dekar)	Üretim (Ton)	Verim (kg/da)
2002	1 500 000	255 000	170
2003	1 400 000	240 000	171
2004	1 430 000	270 000	189
2005	1 300 000	270 000	208
2006	1 312 456	271 000	206
2007	1 327 776	240 540	181
2008	1 259 620	246 521	196
2009	1 387 784	343 330	247
2010	1 410 000	365 560	259
2011	1 276 530	365 750	287
2012	1 432 216	370 000	258
2013	1 381 656	365 000	264
2014	1 150 800	300 000	261
2015	1 123 129	330 000	294
2016	1 146 493	300 000	262

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

Bu çalışmada, 2016 yılında Amerika Birleşik Devletleri' nin Minnesota Eyaleti' nin beş farklı bölgesinde (Kimball, St. Paul, LeCenter, Lamberton ve Crookston) yetiştirilen farklı genetik geçmişlere sahip 19 farklı çavdar türü kullanılmıştır. Çizelge 3.1.' de çalışmada kullanılan çavdar örneklerinin çeşitleri, sınıfları, ıslah yerleri ve ıslah yılları verilmiştir.

Çizelge 3.1. Kullanılan çavdar örneklerinin çeşidi, sınıfı, ıslah yeri ve ıslah yılı

Çeşit	Sınıf	Islah Yeri	Islah Yılı
Aroostook	WR	USDA-NRCS	1981
Dukato	WR	Hybro Saatucht GmbH	2008
Elbon	WR	Samuel Noble Foundation	1956
Hazlet	WR	Agriculture Canada	2006
KWS Brassetto	WR	KWS	2007
KWS Bono	WR	KWS	2013
KWS Guttino	WR	KWS	2007
Musketeer	WR	Agriculture Canada	1981
Oklon	WR	Samuel Noble Foundation	1993
Prima	WR	Agriculture Canada	1984
Rymin	WR	University of Minnesota	1973
Spooner	WR	University of Wisconsin	1992
SU Cossani	WR	Hybro Saatucht GmbH	2014
SU Forsetti	WR	Hybro Saatucht GmbH	2013
SU Mephisto	WR	Hybro Saatucht GmbH	2011
SU Performer	WR	Hybro Saatucht GmbH	2012
Tulus	WT	Nordsaat Saatucht GmbH	2008
Wheeler	WR	Michigan State University	1972

Çavdar çeşitlerinin her birisi her bölgede üç kez tekerrürlü olarak yetiştirilmiştir. Çavdarlar Kimball, St. Paul, LeCenter, ve Lamberton' da 15 Ekim

civarında ekilirken Crookston’ da 1 Ekim 2016 tarihinde ekilmiştir. Şekil 3.1.’ de iki farklı bölgede yetiştirilmiş iki farklı çavdar türüne ait temsili örnekler verilmiştir.



Şekil 3.1. İki farklı bölgede yetiştirilmiş iki farklı çavdar çeşitine ait örnekler

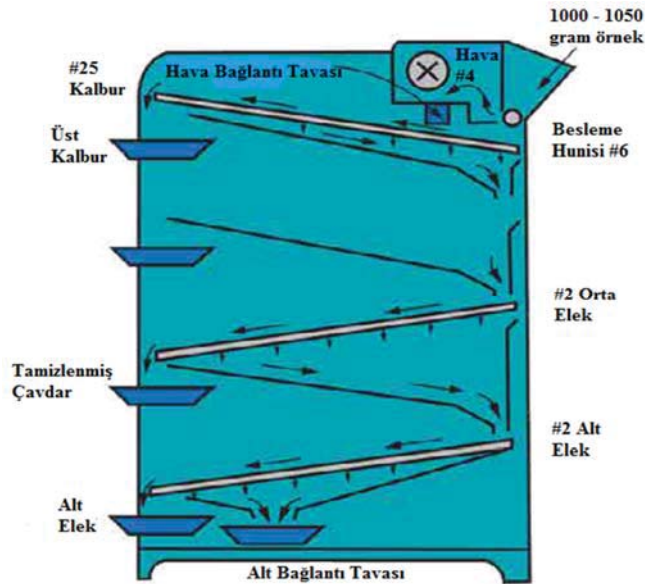
### 3.2. Yöntem

#### 3.2.1. Tane kalitesini belirlemeye yönelik analizler

Çavdar tanelerinde kalite belirlemesine ait analizlerin yapılış şekli alt başlıklarda ayrı ayrı verilmiştir.

##### 3.2.1.1. Yabancı Maddelerin Ayrılması

Analizlerden önce çavdar numuneleri Federal Grain Inspection standartlarına göre Carter-Day dokaj cihazında, orta ve alt elek pozisyonlarında 25 nolu iki elek ile hava 4, besleme 6’ ya ayarlanarak temizlenmiştir (GIPSA-FGIS 2013). Şekil 3.2.’ de Carter dokaj cihazına ait şematik bir gösterim verilmiştir (GIPSA-FGIS, 2013).



Şekil 3.2. Carter dokaj cihazının şematik gösterimi

Buğdaydan mekanik işlemlerle ayrılabilen tüm materyal yabancı madde ifadesi ile belirtilmekte ve Buğdayın ağırlığından yabancı madde ağırlığı çıkarılarak fiyat ödenmektedir (Özkaya ve Özkaya, 2005). Yabancı madde miktarını belirleyen Carter Dokaj cihazının hava, kalbur ve eleklerin bir kombinasyonunu kullanarak, kolaylıkla ayrılabilir materyalin uzaklaştırılması ile derecelendirme için örnek hazırladığı, yabancı madde teçhizatı tarafından çıkarılan malzemenin kolayca ayrılabilirdiği ve öğütmede ilave bir ekipman gerektirmediği (Center, 2008), kalibre edilmiş bir cihaz kullanılarak çavdar dışındaki tüm maddelerin orijinal numuneden uzaklaştırıldığı, düzgün bir şekilde çavdardan uzaklaştırılan, gelişmemiş, büzülmüş ve küçük çavdar tanelerinin yeniden tarama ve tekrar temizleme ile geri kazanılamayan ve kullanılamayan tanelerden oluştuğu bildirilmiştir (GIPSA, 2006).

### 3.2.1.2. Hektolitre ağırlığı

Hektolitre ağırlığı, standart FGIS metoduna göre, GIPSA onaylı resmi bir test ağırlık aygıtıyla belirlenmiştir (GIPSA-FGIS 2013). Daha sonra numuneler santrifüjli değirmende (UDY Corp., Fort Collins, CO) öğütülmüştür. Şekil 3.3.' te hektolitre ağırlığı ölçümü için kullanılan cihazlar verilmiştir (Center, 2008).



Şekil 3.3. Hektolitre ağırlığı ölçümünde kullanılan cihazlar

Hektolitre ağırlığının belirlenmesi için çalışma örneği tavanın üzerinde ortalanmış kapalı huniye dökülür. Tanenin tavayı doldurabilmesi için kapakçık hızlıca açılır. Fazla tanenin tavanın üzerinden alınması için düz kenarı dikey konumda olan ve iki elle tutulan standart bir vurucu kullanılır. Tava dikkatlice terazi üzerine yerleştirilir. Ağırlık elektronik bir terazide okunur (Center, 2008).

### 3.2.1.3. Bin tane ağırlığı

Yabancı maddeleri ayrılıp temizlenmiş 10 gram numune elektronik tohum sayacı ile sayılmıştır. Şekil 3.4.' te bin tane ağırlığının belirlenmesi için kullanılan cihaz görülmektedir (Center, 2008).



Şekil 3.4. Bin tane ağırlığının belirlenmesinde kullanılan cihaz

Bin tane ağırlığının bin tane buğday tanesinin gram cinsinden ağırlığı olduğu, bu yöntemin tahıl tanesinin kütlelerinin tahmin etmek için kullanıldığı, bir yöntem olarak bin tane ağırlığının buğday tanesinin kütlelerini ölçtüğü, buğday yetiştiricileri ve un değirmencileri tarafından, buğday tanesi kompozisyonunu ve un ekstraksiyon potansiyelini daha iyi tanımlamada ağırlığı test etmek için bir tamamlayıcı olarak kullanıldığı bildirilmektedir. Genel olarak, daha yüksek bin tane ağırlığına sahip buğdayın daha yüksek un ekstraksiyon potansiyeline sahip olduğu ayrıca bin tane ağırlığı açısından belli değerin altında kalan örneklerin çalışmadan çıkarılarak öğütmede kullanılmadığı ifade edilmektedir (Center, 2008).

### 3.2.2. Un kalitesini belirlemeye yönelik analizler

Çavdar unlarının kalitelerinin belirlenmesine ait analizlerin yapılaş şekli alt başlıklarda ayrı ayrı verilmiştir.

#### 3.2.2.1. Nem tayini

Numunelerin nem içeriği AACCI 44-15.02 metoduna göre belirlenmiştir (AACC-I 2009). Şekil 3.5.' te nem tayininin belirlenmesine ait görsele yer verilmiştir (Center, 2008). Bu yöntemle göre nem tayini için darası alınmış örnek kaplarına örneklerden yaklaşık 3 g tartılmış ve kaydedilmiştir. Kapların kapakları altta kalacak şekilde fırın rafına yerleştirilmiştir. Örnekler 135°C' de 1 saat kurutulmuştur. Ardından hızlıca

kapakları kapatılarak fırından çıkarılıp desikatöre alınmıştır. Oda sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra gram cinsinden nem kaybı belirlenmiş ve kaydedilmiştir.

$$\% Nem = \frac{Nem\ kaybı\ (g)}{Örnek\ ağırlığı\ (g)} \times 100$$



Şekil 3.5. Nem tayininin belirlenmesine ait görsel

### 3.2.2.2. Kül tayini

Numunelerin kül içeriği AACCI 08-01.01 metoduna göre belirlenmiştir (AACCI 2009). Şekil 3.6.' da kül tayininin belirlenmesine ait görsele yer verilmiştir (Center, 2008). Bu yöntemle göre, iyi karıştırılmış örneklerden kül krozesine  $3 \pm 0.0001$  g tartılmıştır. Örnekler öncelikle  $350^{\circ}\text{C}$ ' ta 1 saat, ardından  $450^{\circ}\text{C}$ ' ta 1 saat yakıldıktan sonra, fırın sıcaklığı  $590^{\circ}\text{C}$ ' a ayarlanmış ve bu sıcaklıkta 24 saat yakılmıştır. 24 saatin sonunda fırından çıkarılan örnekler desikatöre alınmış ve oda sıcaklığına kadar soğutulmuş ve tekrar tartılmıştır.

$$\%Kül = \frac{Kalıntı\ ağırlığı\ (g)}{Örnek\ ağırlığı\ (g)} \times 100$$



Şekil 3.6. Kül tayininin belirlenmesine ait görsel



### 3.2.2.3. Protein tayini

Numunelerin protein içeriği AACCI 46-30.01 metoduna göre belirlenmiştir (AACCI 2009). Şekil 3.7.' de protein içeriğinin belirlenmesinde kullanılan Leco cihazına ait örnek bir görsele yer verilmiştir (Center, 2008).



Şekil 3.7. Protein içeriğinin belirlenmesinde kullanılan leco cihazı

### 3.2.2.4. Toplam nişasta tayini

Numunelerin toplam nişasta içeriği AACCI 76-13.01 yöntemine göre (AACCI 2009) Megazyme Total Starch Assay kiti (Megazyme Int., Ireland) kullanılarak belirlenmiştir.

### 3.2.3. Düşme Sayısı

Düşme sayısı Perten düşme sayısı aparatı (Perten Instruments, Springfield, IL) kullanılarak belirlenmiştir. Resmi AACCI prosedürü (56-81.03) numunelerin düşme sayısını belirlemek için kullanılmıştır (AACCI 2009). Şekil 3.8.' de düşme sayısının belirlenmesinde kullanılan cihaza ait bir örneğe yer verilmiştir (Center, 2008).



Şekil 3.8. Düşme sayısının belirlenmesinde kullanılan cihaz

Düşme sayısı analizinin su-un karışımının kaynar su içinde çirşlendirilmesi ve numunede bulunan amilaz enzimlerinin etkisi ile nişasta çirşinin sıvılaşmasına bağlı

olarak vizkozimetre karıştırıcısının batma hızından hareketle ölçüldüğü bildirilmiştir (Özkaya ve Özkaya, 2005).

Numunenin nem içeriğine göre yaklaşık  $7.00 \pm 0.05$  g örnek tartılıp düşme sayısı tüplerine alınmıştır. Örnekler  $22 \pm 2^\circ$  'de 25 ml su eklenmiştir. Tüplere kauçuk tıpa takılıp elektronik karıştırıcıda dikey konumda karıştırılması sağlanmıştır. Vizkozimetre karıştırıcısı ile tüp çeperinde kalan karışım sıyrılmıştır. Karıştıktan sonra 30-60 saniye içerisinde tüp ve viskozimetre-karıştırıcı su banyosuna yerleştirilmiştir. Cihaz hemen çalıştırılmıştır. Testin sonunda saniye cinsinden süre kaydedilmiştir. Tüp çıkarılıp soğuk su ve fırça kullanarak karıştırıcı ve temizlenen tüp diğer örnekler için kullanılmıştır. Aşağıdaki formül kullanılarak düşme sayısı %14 nem temelinde bildirilmektedir.

$$DS (14\% \text{ nem temelinde}) = DS \times (100 - 14) / (100 - \text{örneğin nemi, } \%)$$

#### **3.2.4. Toplam arabinoksilan içeriği ve arabinoz/ksiloz oranının belirlenmesi**

Arabinoksilan içeriği ve arabinoz ksiloz oranı alditol asetatlar hazırlanarak, alev iyonizasyon algılamalı (GC-FID) gaz kromatografisi analizleri ile belirlenmiştir. Numuneler cam vidalı test tüplerinin içine (6-8 mg) tartılmış ve 2M trifloroasetik asit ile  $121^\circ\text{C}$ ' de 1 saat numune hidroliz edilmiştir. Hidrolizden sonra her tüpe iç standart (m-inositol, 75  $\mu\text{L}$ , 10 mg/ml) eklenmiş ve numuneler  $55^\circ\text{C}$ ' ta nitrojen altında kurutulmuştur. Örnekler DMSO (20 mg/ml) içinde amonyum hidroksit ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) ve sodyum borohidrit eklenerek indirgenmiştir. Numuneler  $40^\circ\text{C}$ ' ta 90 dakika inkübe edilmiş ve reaksiyon 6 damla buzlu asetik asit ilave edilerek sonlandırılmıştır. Asetilasyon, asetik anhidrit (0.5 ml) ve 1-methylimidazol (0.1 ml, katalizör olarak) eklenerek 10 dakikada oda sıcaklığında yapılmıştır. Asetilasyon 4 ml su eklenmesiyle sonlandırılmıştır ve numuneler 1 ml metilen kloride karşı 2 kez ayrılmıştır. Metilen klorit fraksiyonları birleştirilmiş,  $45^\circ\text{C}$ ' ta nitrojen altında kurutulmuş ve GC-FID ile analiz edilmeden önce  $1^\circ$  aseton içinde yeniden çözülmüştür (Blakeney vd., 1983). GC-FID ile analiz, alev iyonlaştırma detektörlü Agilent (Agilent Technologies, Santa Clara, CA) 7890A gaz kromatografi cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ayırma için Supelco (Supelco, Bellefonte, PA) SP-2380 erimiş silika kılcal kolon (30  $\mu\text{m}$  x 0.25 $\mu\text{m}$  x 2 $\mu\text{m}$ ) kullanılmıştır. Sistem parametreleri aşağıdaki gibidir:

- Akış hızı, 0.8 ml / dk
- Akış basıncı, 82737 Pa

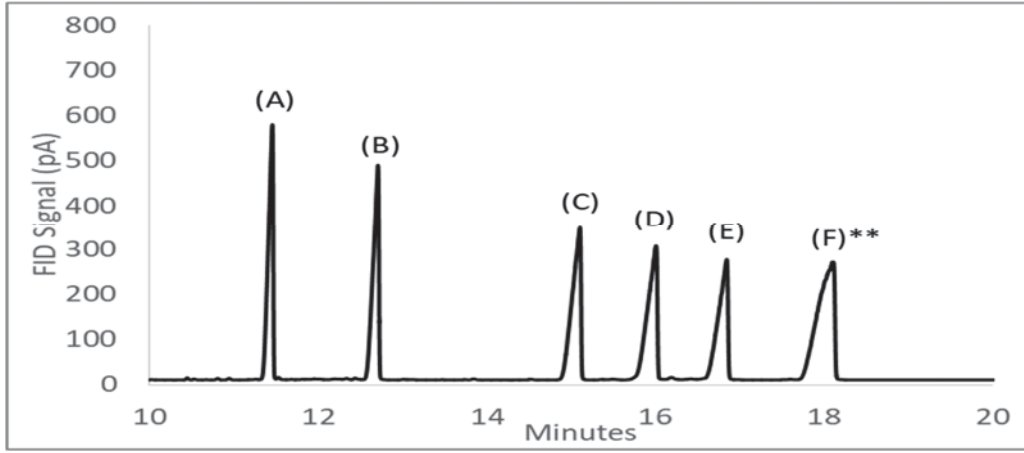
- Enjektör sıcaklığı, 230°C
- Fırın başlangıç sıcaklığı, 100°C
- Dedektör sıcaklığı, 250°C
- Taşıyıcı gaz, helyum (Blakeney vd., 1983; Mendis ve Simsek, 2015).

Toplam arabinoksilan içeriği, aşağıdaki formülü kullanarak hesaplanmıştır:

$$\% \text{ Arabinoksilan} = \frac{\left(\frac{ng}{\mu l} \text{ arabinoz} + \frac{ng}{\mu l} \text{ ksiloz}\right) \times 0,88}{(1000 \times \text{örnek ağırlığı}) \times 100}$$

Arabinoz/ksiloz oranı arabinoz yüzdesi, ksiloz yüzdesine bölünerek hesaplanmıştır.

Şekil 3.9.' da alev iyonizasyon dedektörülü gaz kromatografisinde alditol asetat monosakkarit standartlarının (500 ng/μL) kromatografisi verilmiştir.



Şekil 3.9. Alev iyonizasyon dedektörülü gaz kromatografisinden alditol asetat monosakkarit standartlarının (500 ng/μL) kromatografisi (A) Arabinoz, (B) Ksiloz, (C) Manno, (D) Galaktoz, (E) Glukoz ve (F) Inositol\*\* (İç standart)

### 3.2.5. Çavdar Ununun Çirışlenme Özellikleri

Çavdar unlarının çirışlenme özellikleri Rapid Visco Analyzer (Perten Instruments, Springfield, IL) ile belirlenmiştir. Test prosedürü AACC 76-21.01 yöntemine göre standart profil 1 ile yapılmıştır (AACC-I 2009). Şekil 3.10.' da Rapid Visco Analyzer Cihazı gösterilmiştir (Center, 2008).

Örneğin akışa direnci dönüşün tersi yönünde bir dönme momenti meydana getirdiği (Crosbie ve Ross, 2007), su ve undan oluşan karışım ısıtıldığında, nişasta granüllerinin hacmi artmakta ve karışımı kalınlaştırdığı, kalınlaşan karışımın karıştırma sürecinde pedala daha dirençli ve daha yüksek pik vikozytesine sahip olduğu, ısıtma çevrimi süresince en yüksek noktanın maksimum vikozyte olarak kaydedildiği, hızlı

viskozite testi sonuçlarının maksimum viskoziteyi içermekte ve hızlı viskozite birimi (RVU) olarak ifade edildiği bildirilmektedir (Center, 2008).



Şekil 3.10. Rapid Visco Analyzer cihazı

### 3.2.6. Örneklerin öğütülmesi

Çavdar örnekleri Perten 3100 model laboratuvar değirmeninde öğütülmüştür. 0.8 mm' lik elek kullanılmıştır. Her numuneden 400 g öğütülmüş ve bir defada 200 g alınıp daha sonradan birleştirilmiştir.

### 3.2.7. Ekmek Yapımı

Ekmek yapımı prosesi AACC 10-11.01 yöntemine göre yapılmıştır (AACC-I, 1999). Bu yöntem iki aşamalı bir prosestir. İlk aşamada, mayalı hamur (sponge) toplam unun bir bölümü, su, maya ve maya gıdası ile birlikte karıştırılarak elde edilmiştir. Mayalı hamur 4 saat fermente edilmiştir. İkinci aşamada, hamur yapmak için, mayalı hamur, unun geri kalan kısmı, su ve diğer bileşenler ile birleştirilmiştir. Birleştirilen hamur şekil verildikten sonra uygun tavalara yerleştirilmiş ve 1 saat fermente edilmiştir. Hamur örnekleri 218°C (425°F) sıcaklıkta pişirilmiştir. Hem fermentasyon kabininden hem de fırından çıkışın ardından örneklerin yükseklikleri ölçülerek kaydedilmiştir. Fırından çıkarıldıktan 1 saat sonra somun ağırlığı tartılmış ve hacmi belirlenmiştir. Kullanılan ekipmanların özellikleri aşağıdaki gibidir:

- Un kapları sıkıca kapatılabilen özellikte ve kapasitesi 0.946 L (1 quart)
- Fermentasyon kabini sıcaklığı 35.5° C (96°F) ve bağıl nemi %92
- Fermentasyon kaselerinin kapasitesi 3.784 L (4 quart)
- Fırın dönebilen özellikte ve elektrikli
- Hacim ölçer tipi: tohum yer değiştirmeli

Bu yöntem toplam 700 gram test ununa dayanmaktadır ve aşağıda Çizelge 3.2.' de verilen mayalı hamur ve ekmek hamuru formülasyonu kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3.2. Mayalı hamur ve ekmek hamuru formülasyonu

Hamur Tipi	Bileşen	Miktar	
		g	% (un esaslı)
Mayalı Hamur (Sponge) Formülasyonu	Un (%14 nemli)	420.00	60.00
	Su	252.00	36.00
	Maya	14.00	2.00
	Maya gıdası	3.50	0.50
Ekmeklik Hamur Formülasyonu	Un (%14 nemli)	280.00	40.00
	Su	168.00	24.00
	Şeker	35.00	5.00
	Tuz	14.00	2.00
	Fırıncılık yağı	21.00	3.00

### 3.2.8. İstatistik Analiz

Araştırma sırasında elde edilen veriler SAS/STAT yazılımında bulunan ANOVA prosedürü ile varyans analizine tabi tutulup, farklılıkların istatistiksel önem sınırları belirlenmiştir. Varyans analizi, SAS v. 9.3 kullanılarak yapılmıştır ve ortalama ayırım için en düşük önemli farklılık (LSD)  $\alpha = 0,05'$  te belirlenmiştir.

ANOVA prosedürünün varyans analizi için SAS/STAT yazılımında bulunan çeşitli prosedürlerden biri olduğu, geniş çaplı deney alanlarından gelen dengeli data için varyans analizi yaptığı, varyans analizinde bağımlı değişken olarak bilinen sürekli bir yanıt değişkeninin, bağımsız değişken olarak bilinen sınıflandırma değişkenleri tarafından tanımlanan deneysel koşullar altında ölçüldüğü, ANOVA prosedürünün, dengeli verileri (diğer bir deyişle, sınıflandırma faktörlerinin her bir kombinasyonu için eşit sayıda gözlemleri) işlemek üzere tasarlandığı bildirilmiştir (Anonim, 2017c).

#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Buğday, tahıllar arasında en çok tüketilen ve üzerinde en çok çalışan tür olduğundan hektolitreye ağırlığı, bin tane ağırlığı gibi birçok analiz yöntemi buğdaya özgü hazırlanmıştır ancak diğer tahıl türleri için de aynı yöntemler kullanılmaktadır. Buğday için hazırlanan bu yöntemler çavdara da uygulanabilir olduğundan bu çalışmada da aynı şekilde kullanılmıştır.

Bilimsel çalışmalarda veya üretimde kullanılacak tahıllar fiziksel ve kimyasal analizlere tabi tutulmadan önce tane kalitesinin belirlenmesine yönelik bazı analizler uygulanmaktadır. Bu analizler kontrol süreci olarak adlandırılabilir. Buğdayda olduğu gibi çavdar örneklerinde de yabancı madde, hektolitreye ağırlığı ve 1000 tane ağırlığı belirlenmektedir.

##### 4.1. Yabancı Madde

Çeşitler arasında ortalama değerlere göre yabancı madde yüzdesi %0.07 ile %0.77 arasında değişmiş, en düşük değer Hazlet, en yüksek değer ise Wheeler çeşidinde belirlenmiştir (Çizelge 4.1.). Yabancı madde yüzdesi açısından hazlet çeşiti 14 örnek ile istatistiki olarak benzerdir ( $P>0.05$ ), en yüksek değere sahip Wheeler çeşiti diğer tüm örneklerden önemli düzeyde farklıdır ( $P<0.05$ ). Çavdar çeşitlerinin yetiştirildiği bölgeler ele alındığında, yabancı madde miktarının %0.08-0.26 arasında değiştiği ve en düşük değer Kimball, en yüksek değer ise Crookston bölgelerinde olduğu ve diğer bölgelerden önemli düzeyde farklı oldukları ( $P<0.05$ ) belirlenmiştir (Çizelge 4.2.).

Çizelge 4.1. Farklı çavdar çeşitlerinde yabancı madde miktarları

Çeşit	Yabancı Madde (%)	Çeşit	Yabancı Madde (%)
Akusti	0.11 d	Prima	0.11 d
Aroostook	0.22 c	Rymin	0.10 d
Dukato	0.13 d	Spooner	0.09 d
Elbon	0.30 b	SU Cossani	0.09 d
Hazlet	0.07 d	SU Forsetti	0.14 d
KWS Bono	0.13 d	SU Memphisto	0.11 d
KWS Brassetto	0.10 d	SU Performer	0.12 d
KWS Guttino	0.12 d	Tulus	0.26 cb
Musketeer	0.10 d	Wheeler	0.77 a
Oklon	0.31 b		
LSD (P<0.05) = 0.08			

Çizelge 4.2. Çavdar çeşitlerinin yetiştirildikleri farklı bölgelere göre yabancı madde miktarları

Bölge	Yabancı Madde (%)
St Paul	0.20 b
Lamberton	0.15 c
Crookston	0.26 a
LeCenter	0.21 b
Kimball	0.08 d
LSD (P<0.05)	0.04

#### 4.2. Hektolitre Ağırlığı

Hektolitre ağırlığı çeşitler arasında ortalama değerlere göre 64.00-73.50 kg/hl arasında değişmiştir. En düşük değer Tulus çeşitinde belirlenmiş ve bunu Wheeler çeşiti takip etmiştir. Bu iki örnek hem birbirinden hem de diğer tüm örneklerden istatistiksel olarak da farklıdır (P<0.05). En yüksek değer ise Hazlet çeşidinde belirlenmiştir (Çizelge 4.3.). Çavdar çeşitlerinin yetiştirildiği bölgeler ele alındığında hektolitre ağırlığının 70.26-73.00 kg/hl arasında değiştiği ve en düşük değer Lamberton bölgesinde belirlendiği ve istatistiksel olarak önemli düzeyde farklı olduğu (P<0.05), en yüksek değer ise Crookston bölgesinde bulunduğu ancak ikinci sıradaki Le Center ile

arasındaki farkın istatistiksel olarak farklı olmadığı ( $P>0.05$ ) belirlenmiştir (Çizelge 4.4.).

Çizelge 4.3. Farklı çavdar çeşitlerinin hektolitre ağırlıkları

Çeşit	Hektolitre Ağırlığı (kg/hl)	Çeşit	Hektolitre Ağırlığı (kg/hl)
Akusti	72.60 ebdcf	Prima	72.10 egf
Aroostook	70.80 h	Rymin	73.00 bdac
Dukato	72.40 ebdgcf	Spooner	72.50 ebdcf
Elbon	72.90 ebdac	SU Cossani	72.30 edgcf
Hazlet	73.50 a	SU Forsetti	72.20 edgf
KWS Bono	73.20 ba	SU Memphisto	72.90 ebdac
KWS Brasetto	71.60 hg	SU Performer	72.60 ebdacf
KWS Guttino	71.90 gf	Tulus	64.00 j
Musketeer	72.50 ebdcf	Wheeler	67.20 i
Oklon	73.00 bac		
LSD ( $P<0.05$ ) = 0.66			

Çizelge 4.4. Çavdar çeşitlerinin yetiştirildikleri farklı bölgelere göre hektolitre ağırlıkları

Bölge	Hektolitre Ağırlığı (kg/hl)
St Paul	70.94 c
Lamberton	70.26 d
Crookston	73.00 a
LeCenter	72.72 a
Kimball	71.79 b
LSD ( $P<0.05$ )	
0.34	

Yaptıkları çalışmalar sonucu çavdar örneklerinin hektolitre ağırlığı ortalamalarının Thompson ve Isaacs (1967) 54.75 lb/bu, Bishnoi ve Hughes (1979) 59 kg/hl ve Nilsson vd. (1997a) 77.2 kg/hl olduğunu bildirmişlerdir. Nyström vd. (2008) çavdarın fitokimyasal ve besinsel lif içeriklerini araştırdıkları çalışmalarında, örneklerin hektolitre ağırlığı ortalamasının 64.9-74.7 kg/hl aralığında olduğunu bildirmişlerdir. Bir başka çalışmada Hansen vd. (2004) üç farklı yılda yetiştirilmiş üç farklı grup çavdar örneğinin hektolitre ağırlığı ortalamalarının 741-791 g/l, 750-799 g/l ve 718-



755 g/l aralığında olduğunu bildirmişlerdir. Hartl vd. (2003) tarafından da farklı yıllarda yetiştirilen çavdar örneklerinin hektolitre ağırlığı ortalamalarının 72.2-79.7 kg/hl aralığında olduğunu bildirilmiştir.

### 4.3. Bin Tane Ağırlığı

Çeşitler arasında ortalama değerlere göre bin tane ağırlığı 25.40-38.47 g arasında değişmiştir. En düşük değer Aroostok, en yüksek değer ise Wheeler çeşidinde belirlenmiştir (Çizelge 4.5). İstatistiksel olarak da Aroostok çeşiti kendisini takip eden Oklon ile benzerdir ( $P<0.05$ ). Wheeler çeşiti diğer tüm çeşitlerden önemli derecede farklı ( $P<0.05$ ) bulunmaktadır. Çavdar çeşitlerinin yetiştirildiği bölgeler ele alındığında, bin tane ağırlığının 25.90-32.07 g arasında değiştiği ve en düşük değer Lamberton, en yüksek değer ise Le Center bölgelerinde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.6.). İstatistiksel olarak Lamberton bölgesi tüm bölgelerden farklıdır ( $P<0.05$ ). Le Center ve Kimball bölgeleri benzerdir ( $P>0.05$ ).

Çizelge 4.5. Farklı çavdar çeşitlerinin bin tane ağırlıkları

Çeşit	Bin Tane Ağırlığı (g)	Çeşit	Bin Tane Ağırlığı (g)
Akusti	31.17 c	Prima	28.81 d
Aroostook	25.40 f	Rymin	31.48 c
Dukato	31.61 c	Spooner	31.24 c
Elbon	27.12 e	SU Cossani	29.14 d
Hazlet	31.33 c	SU Forsetti	28.49 d
KWS Bono	29.51 d	SU Memphisto	28.62 d
KWS Brassetto	30.73 c	SU Performer	29.01 d
KWS Guttino	31.61 c	Tulus	35.10 b
Musketeer	29.13 d	Wheeler	38.47 a
Oklon	26.49 fe		
LSD ( $P<0.05$ ) = 1.13			

Çizelge 4.6. Çavdar çeşitlerinin yetiştirildikleri farklı bölgelere göre bin tane ağırlıkları

Bölge	Bin Tane Ağırlığı (g)
St Paul	30.69 b
Lamberton	25.90 d
Crookston	30.66 c
LeCenter	32.07 a
Kimball	31.86 a
LSD (P<0.05)	0.58

Bin tane ağırlığının toprak koşulları, iklim ve ürün çeşidine göre değişkenlik gösterdiği bilinmektedir. Özellikle tanenin olgunlaşma döneminde iklim koşulları tanede biriken nişasta miktarını etkilemesi sebebiyle taneler cılız kalabilir dolayısıyla bin tane ağırlığı değerleri değişkenlik gösterebilmektedir. Bu nedenlerle örnekler arasında farklılıkların bulunması beklenen bir sonuçtur. Nitekim Nyström vd. (2008) çavdarın fitokimyasal ve besinsel lif içeriklerini araştırdıkları çalışmalarında, örneklerin bin tane ağırlığı ortalamasının 30.0-39.6 g aralığında olduğunu bildirmişlerdir. Shewry vd. (2010) çavdar türleri arasında bin tane ağırlığı ortalamasının 36.75-38.57 g aralığında değiştiğini, Buksa vd. (2014) de farklı çavdar örnekleri ile yaptıkları bir çalışmada 24.7-35.6 g aralığında değiştiğini bildirmişlerdir. Başka bir çalışmada 17 farklı çavdar türü ile çalışan Andreasen vd. (2000) örneklerin bin tane ağırlıklarının 25.7-33.1 g arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Nilsson vd. (1997a), çalışmalarında çavdar örneklerinin bin tane ağırlığı ortalamasının 29.7 g olduğunu bildirmişlerdir. Hansen vd. (2004) tarafından üç farklı yılda yetiştirilmiş üç farklı grup çavdar örneğinin bin tane ağırlığı ortalamalarının 26.8-35.4 g, 28.2-36.1 g ve 22.9-29.8 g aralığında olduğu, Hartl vd. (2003) tarafından da farklı yıllarda yetiştirilen çavdar örneklerinin bin tane ağırlığı ortalamalarının 24.4-34.8 g aralığında olduğunu bildirilmiştir. Çalışmada elde edilen bin tane ağırlığı sonuçlarının yukarıda özetlenen literatür verileri ile çok yakın olduğu görülmektedir.

#### 4.4. Nem, Kül ve Protein İçeriği

Çavdar örneklerinin farklı çeşitlere göre nem, kül ve protein içerikleri Çizelge 4.7.' de ve bölgelere göre nem, kül ve protein içerikleri çizelge 4.8.' de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Farklı çavdar çeşitlerinin nem, kül ve protein içerikleri\*

Çeşit	Nem (%)	Kül (%)	Protein (%)
Akusti	8.72 ba	1.44 fhg	11.92 fe
Aroostook	8.79 ba	1.66 b	15.00 b
Dukato	8.85 ba	1.47 fe	11.70 fe
Elbon	8.68 ba	1.54 dc	14.79 b
Hazlet	8.66 ba	1.41 ihg	10.67 g
KWS Bono	8.61 ba	1.33 kj	9.99 hi
KWS Brasetto	8.83 ba	1.34 kj	10.43hg
KWS Guttino	8.75 ba	1.38 ij	10.25 hgi
Musketeer	8.63 ba	1.51 de	12.12 de
Oklon	8.67 ba	1.57 c	15.07 b
Prima	8.66 ba	1.42 ihg	11.63 f
Rymin	8.65 ba	1.44 fhg	11.53 f
Spooner	8.77 ba	1.46 feg	12.55 dc
SU Cossani	8.85 ba	1.33 kj	10.16 hi
SU Forsetti	8.82 ba	1.41 i h	9.89 i
SU Memphisto	8.65 ba	1.30 k	10.04 hi
SU Performer	8.84 ba	1.40 ih	10.05 hi
Tulus	8.91 a	1.56 c	12.77 c
Wheeler	8.56 b	1.72 a	16.23 a
LSD (P<0.05)	0.31	0.05	0.45

\*Sonaçlar kuru madde üzerinden verilmiştir.

Çizelge 4.8. Çavdar çeşitlerinin yetiştirildikleri farklı bölgelere göre nem, kül ve protein içerikleri\*

Bölge	Nem (%)	Kül (%)	Protein (%)
St Paul	8.46 c	1.72 a	12.50 b
Lamberton	8.75 b	1.41 c	12.49 b
Crookston	8.61 cb	1.30 d	11.78 c
LeCenter	8.66 b	1.41 c	12.85 a
Kimball	9.17 a	1.45 b	10.07 d
LSD (P<0.05)	0.16	0.02	0.23

\*Sonaçlar kuru madde üzerinden verilmiştir.

Nem içeriğinin belirlenmesi, diğer testler için kullanıldığından, buğday ya da un kalitesini analiz etmede önemli bir adımdır. Un değirmencileri öğütmeden önce buğdaydaki nemi standart bir seviyeye ayarlamaktadır. Nemin, tahılın

depolanabilirliğinin bir göstergesi olduğu, yüksek nem içeriğine sahip buğday ya da unun (%14.5' ten daha yüksek) küf, bakteri ve böcekler için uygun ortam sağladığı ve bunların tümünün depolama sırasında bozulmaya neden olduğu, düşük nem içeriğine sahip buğday ya da unun depolama süresince daha stabil olduğu bildirilmiştir (Center, 2008).

Türler arasında ortalama değerler incelendiğinde nem değerlerinin %8.56-8.91 arasında değiştiği görülmüştür. En düşük nem değeri Wheeler, en yüksek nem değeri ise Tulus çeşidinde belirlenmiştir (Çizelge 4.7.). Sadece bu iki tür arasında nem oranı açısından istatistiki olarak fark bulunmaktadır ( $P<0.05$ ). Çavdar türlerinin yetiştirildiği bölgeler açısından ise nem içeriklerinin %8.46-9.17 arasında değiştiği ve en düşük değer St. Paul bölgesinde olduğu, en yüksek değer ise Kimball bölgesinde olduğu ve diğer tüm bölgelerden önemli düzeyde ( $P<0.05$ ) farklı olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.8.).

Nyström vd. (2008) çavdarın tam tane unu örneklerinin nem içeriğinin %8.2-10.1 aralığında değiştiğini, Verwimp vd. (2004) ve Beck vd. (2011) de çavdar unu örneklerinin nem içeriğinin sırasıyla %13.4 ve %11.7 olduğunu bildirmişlerdir. Thompson ve Isaacs (1967) ise çavdar örneklerinin nem içeriğinin %7.8 olduğunu bildirmiştir. Nem içeriği sonuçları, Nyström vd. (2008) ve Thompson ve Isaacs (1967)' in çalışmaları sonuçlarına yakın diğer çalışma sonuçlarından ise oldukça düşüktür. Bu farklılığın depolama koşulları ve öğütme tekniğinin farklı olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Ayrıca hasat dönemindeki yağış ve olgunlaşma süresi ve sıcaklık gibi etkenlerin de tane nemini etkilediği bilinmektedir.

Kül fırınında yüksek sıcaklıkta tüm organik materyallerin (nişasta, protein ve yağ) yakılması sonucu kalıntı olarak kalan yanmayan inorganik maddelerden oluşan kısma kül denilmekte ve kepek tabakasında yoğunlaşmış şekilde bulunmaktadır. Buğday ve undaki kül içeriğinin öğütme teknolojisinde önemli olduğu, değirmencilerin unda istenen veya tüzükler ile belirlenmiş kül seviyesini elde etmek için buğdayın genel mineral içeriğini bilmeleri gerektiği, külün ağırlıklı olarak kepekte yoğunlaştığından, undaki kül içeriğinin öğütme veriminin de bir göstergesi olduğu, kül içeriğinin ayrıca dolaylı olarak unun kepek kontaminasyon miktarını ortaya çıkararak, öğütme performansını da belirlediği, undaki külün rengi etkilediği ve son ürüne daha koyu bir renk verdiği ifade edilmektedir (Center, 2008).

Çavdar çeşitleri arasında ortalama kül değerlerinin %1.30-1.72 arasında değiştiği, en düşük kül değerinin SU Memphisto, en yüksek kül değerinin ise Wheeler

çeşidinde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.7). En yüksek kül içeriğine sahip Wheeler türü aynı zamanda en düşük nem içeriğine sahiptir ve kül içeriği açısından diğer türlerden önemli derecede farklıdır ( $P<0.05$ ). Çavdar çeşitlerinin yetiştirildiği bölgeler arasında kül içeriklerinin %1.30-1.72 arasında değiştiği ve en düşük değer Crookston, en yüksek değer ise St. Paul bölgelerinde olduğu ve bunların kül düzeylerinin diğer bölgelerden önemli düzeyde farklı olduğu ( $P<0.05$ ) belirlenmiştir (Çizelge 4.8).

Nilsson vd. (1997b) ve Bengston ve Aman (1990) tam tane çavdarın kül içeriğini sırasıyla %1.4 ve %1.9 olduğunu, Nilsson vd. (2000) çavdar örneklerinin kül içeriğinin %1.3-1.8 aralığında, Nyström vd. (2008) %1.6-2.2 aralığında, Shewry vd. (2010) %1.80-2.07 aralığında değiştiğini, Nilsson vd. (1997a) de ortalama %1.5 olduğunu bildirmişlerdir. Hansen vd. (2004) tarafından üç farklı grup çavdar örneğinin kül içeriği ortalamalarının %1.9-2.0 aralığında saptandığı bildirilmiştir. Çavdar ununda yapılan çalışmalarda Nilsson vd. (1996) çavdarın ara öğütme fraksiyonunda %1.2 olduğunu, Buksa vd. (2013) iki farklı ticari çavdar ununda %0.7 ile %1.0 olduğunu, Buksa vd. (2012) %0.97 olduğunu, Verwimp vd. (2004) %0.87 olduğunu, Gräber (1999) da %1.31 olduğunu bildirmiştir. Bu literatür verilerinden Gräber (1999), Nilsson vd. (1997b) ile Bengston ve Aman (1990) tarafından elde edilen veriler çalışma sonuçlarımıza yakındır. Nyström vd. (2008), Shewry vd. (2010) ile Hansen vd. (2004) verileri daha yüksek, Buksa vd. (2013) ile Verwimp vd. (2004) verileri ise daha düşüktür. Bu farklılıklar çavdarların yetiştiği topraktaki mineral madde miktarları, bitki çeşiti, yetiştiricilik uygulamalarından kaynaklanabileceği gibi öğütme tekniğinin farklılığından da kaynaklanmış olabilir. Ekstraksiyon derecesi kül içeriği üzerine çok etkili olacaktır.

Protein içeriğinin, su absorpsiyonu ve gluten gücü gibi birçok işleme özellikleri ile ilgili olması sebebiyle buğday ve un alıcıları için anahtar bir özellik olduğu ayrıca tekstür ve görünüm gibi son ürün nitelikleri ile de ilişkilendirilebildiği, düşük protein içeriğinin, atıştırmalık veya kek gibi gevrekler ve yumuşak ürünlerde, yüksek protein içeriğinin sakız gibi tekstüre sahip ürünlerde arzu edildiği, fırıncıların protein içeriği sonuçlarını su absorpsiyonunu ve hamur gelişim zamanını tahmin etmek için kullandıkları, ve yüksek protein içeriğinin optimum hamur kıvamına ulaşmak için daha fazla su ve daha uzun karıştırma süresi gerektirdiği bildirilmektedir (Center, 2008).

Çavdar çeşitlerinin protein miktarları %9.89-16.23 arasında değişmiştir. En düşük değer SU Forsetti, en yüksek değer ise Wheeler çeşitinde belirlenmiştir (Çizelge

4.7). Wheleer çeşiti diğer tüm örneklerden istatistiki olarak da önemli derecede farklıdır ( $P<0.05$ ). Çavdar çeşitlerinin yetiştirildiği bölgeler arası protein içeriğindeki farklılığın ise %10.07-12.85 arasında değiştiği; en düşük değerin Kimball, en yüksek değerin LeCenter bölgelerinde olduğu ve bu iki bölgenin diğer tüm bölgelerden farklı olduğu ( $P<0.05$ ) belirlenmiştir (Çizelge 4.8).

Bishnoi ve Hughes (1979) çavdar örneklerinin protein ortalamasını %13.7 olarak belirlemişlerdir. Nilsson vd. (1997b) tam tane çavdarın protein içeriğini %8.3 olarak, Bengston ve Aman (1990) %9.5 olarak, Gräber (1999) da %13.3 olarak bildirmişlerdir. Nyström vd. (2008) çavdar türleri arasında protein içeriğinin %11-16 arasında, Shewry vd. (2010) %11.20 ile %13.42 arasında, Nilsson vd. (2000) %8.3-11.9 arasında, Buksa vd. (2014) %7.9-12.9 arasında değiştiğini, Nilsson vd. (1997a) ise %9.6 olduğunu bildirmişlerdir. Hansen vd. (2004) tarafından yapılan çalışmada da, üç farklı yılda yetiştirilmiş üç farklı grup çavdar örneğinin protein içeriği ortalamalarının %8.4-9.0, %8.6-9.3 ve %10.0-10.8 aralığında olduğunu bildirmişlerdir. Nilsson vd. (1996) çavdarın ara öğütme fraksiyonunda protein içeriğinin %10.7, Beck vd. (2011) çavdar ununun protein içeriğinin %10.2 olduğunu bildirirken Buksa vd. (2013) iki farklı ticari çavdar ununun protein içeriklerinin %5.8 ile %10.3 olduğunu tespit etmişlerdir. Buksa vd. (2012) ise çavdar unu örneklerinin kuru ağırlık üzerinden protein içeriği ortalamasının %6.4 olduğunu bildirmişlerdir. Fabritius vd. (1997) tarafından çavdar hamurunda çözünmez hücre duvarındaki yapısal değişikliklerin incelediği çalışmada, üç farklı çavdar örneğinde protein içeriği ortalamalarının %8.6, %10.8 ve %13.5 olduğu bildirilmiştir. Literatürde çavdarların protein içerikleri arasında çok önemli farklılıklar olduğu görülmektedir. Hem çalışmada elde edilen hem de literatürde verilen protein değerlerindeki farklılıklar toprak, iklim, gübreleme, hastalık, zararlılar, sulama gibi koşullara bağlı olarak değişmiş olabilecektir. Örneğin azot içeriği yüksek topraklar ile yağışsız iklimde kısa sürede yetişen örneklerde protein içeriğinin yüksek olması beklenmektedir.

#### **4.5. Toplam Nişasta İçeriği**

Nişastanın tahılların depo karbonhidratları olduğu ve beslenmemizin önemli bir parçası olduğu, eşsiz özelliklerinden dolayı birçok gıdanın, özellikle ekmek ve diğer pişmiş ürünlerin özellikleri açısından önem taşıdığı ifade edilmektedir (Koehler ve

Wieser, 2013). Bu nedenle belirlenen 19 farklı türün nişasta içeriği ortalamaları Çizelge 4.9.' da verilmiştir.

Çavdar çeşitleri arasında toplam nişasta içeriği ortalama değerlerinin %53.45-63.25 arasında değiştiği ve en düşük nişasta içeriğine sahip çeşidin Aroostook, en yüksek nişasta içeriğine sahip çeşidin ise Tulus olduğu ve diğer tüm örneklerden önemli derecede farklı ( $P<0.05$ ) oldukları belirlenmiştir.

Çizelge 4.9. Farklı çavdar çeşitlerinin nişasta içerikleri

Çeşit	Nişasta (%)	Çeşit	Nişasta (%)
Akusti	60.33 e	Prima	60.87 d
Aroostook	53.45 l	Rymin	60.60 ed
Dukato	60.24 e	Spooner	58.02 h
Elbon	55.37 j	SU Cossani	60.91 d
Hazlet	62.37 b	SU Forsetti	62.55 b
KWS Bono	61.66 c	SU Memphisto	61.78 c
KWS Brassetto	58.58 g	SU Performer	60.85 d
KWS Guttino	59.52 f	Tulus	63.25 a
Musketeer	59.09 f	Wheeler	54.77 k
Oklon	56.37 i		
LSD ( $P<0.05$ ) = 0.45			

Çavdar örneklerinin yetiştirildiği bölgeler arasında nişasta içeriğinin %58.84-60.54 arasında değiştiği ve en düşük nişasta içeriğinin LeCenter, en yüksek nişasta içeriğinin Kimball bölgelerinde olduğu tespit edilmiştir. Kimball bölgesi diğer bölgelerden istatistiki olarak da önemli düzeyde farklıdır ( $P<0.05$ ). Çizelge 4.10.' da bölgelere göre nişasta içeriği sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.10. Çavdar çeşitlerinin yetiştirildikleri farklı bölgelere göre nişasta içerikleri

Bölge	Nişasta (%)
St Paul	58.93 c
Lamberton	59.00 c
Crookston	60.21 b
LeCenter	58.84 c
Kimball	60.54 a
LSD ( $P<0.05$ )	
0.23	

Nilsson vd. (1997b) tam tane çavdarın nişasta içeriğini %63.4, Bengston ve Aman (1990) %6.6, Gräber (1999) %51.9 olarak tespit etmiştir. Nyström vd. (2008) çavdar türleri arasında nişasta içeriğinin %55-60 aralığında olduğunu, Shewry vd. (2010) de türler arasında nişasta içeriği ortalamasının %55.05-58.77 arasında olduğunu saptamışlardır. Nilsson vd. (1997a) çavdar örneklerinin nişasta içeriği ortalamasının %62.7 olduğunu, Nilsson vd. (2000) başka bir çalışmada %63.4-66.6 aralığında olduğunu, Hansen vd. (2004) de %58.0-61.5 aralığında olduğunu bildirmişlerdir. Nilsson vd. (1996) çavdarın üç farklı öğütme fraksiyonu üzerine yaptıkları çalışmada sonunda ise ara öğütme fraksiyonunda nişasta içeriğinin %51.7 olduğunu bildirmişlerdir. Buksa vd. (2013) iki farklı ticari çavdar ununun nişasta içeriklerinin %63.2 ve %78.6 olduğunu bildirmiştir. Buksa vd. (2012) de çavdar unu örneklerinin kuru ağırlık üzerinden nişasta içeriği ortalamasının %78.2 olduğunu, Verwimp vd. (2004) %72.80 olduğunu bildirmişlerdir. Wannerberger vd. (1997) çavdar unu örneklerinin nişasta içeriğinin %55.1-86.6 aralığında değiştiğini, Fabritius vd. (1997), çavdar hamurunda çözünmez hücre duvarındaki yapısal değişiklikleri inceledikleri çalışmalarında, üç farklı çavdar örneğinde nişasta içeriği ortalamalarının %55.5, %53.3 ve %49.9 olduğunu bildirmişlerdir. Çavdar örneklerinden elde edilen nişasta içeriği sonuçları literatür verileri içerisinde ve Nyström vd. (2008), Shewry vd. (2010) ile Hansen vd. (2004) tarafından belirlenen değerlere yakın bulunmaktadır. Fabritius vd. (1997) ile Gräber (1999)' in verilerine göre yüksektir. Gerek yapılan çalışma içerisinde, gerekse de literatür verilerinde görülen farklılık, çavdar türü ile iklim ve toprak koşullarının ürünlerdeki nişasta birikimini etkileyebilecek olmasına ve öğütme teknolojisindeki farklılığa bağlanabilir.

#### **4.6. Düşme Sayısı**

Düşme sayısının buğday ve un örneklerinde enzim aktivitesinin göstergesi olduğu ve sonuçların saniye olarak ifade edildiği, yüksek düşme sayısının (örneğin 300' ün üzerinde) minimum enzim aktivitesini gösterdiği ve buğday ya da unun kalitesini belirlediği, düşük düşme sayısının (örneğin 250' nin altında) yüksek enzim aktivitesini ve buğdayda ya da unda filiz hasarını gösterdiği bildirilmektedir (Center, 2008).

Çavdar örnekleri arasında ortalama düşme sayısı değerlerinin 98.07-333.53 saniye arasında değiştiği ve en düşük düşme sayısı değerine sahip çeşit Tulus iken, en yüksek düşme sayısı değerine sahip çeşitin KWS Guttino olduğu belirlenmiştir. Düşme



sayısı açısından Tulus tüm örneklerden farklıdır ( $P<0.05$ ). KWS Guttino ile SU Performer çeşitleri arasında istatistiksel anlamda farklılık ( $P>0.05$ ) görülmemiştir (Çizelge 4.11.).

Çizelge 4.11. Farklı çavdar çeşitlerinin düşme sayıları

Çeşit	Düşme Sayısı (s)	Çeşit	Düşme Sayısı (s)
Akusti	214.47 h	Prima	235.33 g
Aroostook	266.27 fe	Rymin	213.93 h
Dukato	204.67 hi	Spooner	206.07 hi
Elbon	263.00 f	SU Cossani	301.87 cb
Hazlet	221.67 hg	SU Forsetti	283.60 ced
KWS Bono	305.13 b	SU Memphisto	298.53 cbd
KWS Brassetto	296.40 cbd	SU Performer	330.33 a
KWS Guttino	333.53 a	Tulus	98.07 j
Musketeer	221.00 hg	Wheeler	190.87 i
Oklon	278.93 fed		
LSD ( $P<0.05$ ) = 19.84			

Çalışmada kullanılan 19 farklı çavdar çeşitinin yetiştirildikleri beş farklı bölgeye göre düşme sayısı değerleri Çizelge 4.12.' de verilmiştir. Çavdar örneklerinin yetiştirildiği bölgelere göre ortalama düşme sayısı değerleri 228.49-260.72 saniye arasında değişmiş; en düşük düşme sayısı değeri Crookston, en yüksek düşme sayısı değeri ise LeCenter bölgesinde belirlenmiştir. Çavdar örneklerinin yetiştirildiği 5 farklı bölgenin düşme sayısı (s) değerleri açısından St Paul, Lambertton ile Le Center bölgeleri arasındaki farklılık önemli bulunmazken, Crookston ve Kimball bölgelerinin istatistiksel anlamda farklı olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.12. Çavdar çeşitlerinin yetiştirildikleri farklı bölgelere göre düşme sayıları

Bölge	Düşme Sayısı (s)
St Paul	259.53 a
Lamberton	259.02 a
Crookston	228.49 c
LeCenter	260.72 a
Kimball	245.84 b
LSD ( $P<0.05$ )	10.18

Buksa vd. (2013) çavdar unlarının ekmeklik özellikleri üzerine yaptıkları bir çalışmada, iki farklı ticari çavdar unu örneğinin düşme sayısı değerlerini 223 saniye ve 275.5 saniye olarak tespit etmişlerdir. Fabritius vd. (1997) üç farklı çavdar örneğinde düşme sayısı değeri ortalamalarının 299, 187 ve 62 saniye olduğunu bildirmiştir. Hartl vd. (2003) farklı yıllarda yetiştirilen çavdar örneklerinin düşme sayısı değeri ortalamalarının 146-342 saniye aralığında olduğunu bildirmişlerdir. Buksa vd. (2012) çavdar unu örneklerinde düşme sayısı değeri ortalamasını 290.5 saniye, Nilsson vd. (1997a) 156 saniye, Beck vd. (2011) 179 saniye, Graber (1999) 340 saniye olarak bildirmişlerdir. Repeckiene vd. (2001) çavdar ununda düşme sayısı değerlerinin 218-380 saniye arasında değiştiğini, Wiepert (1997) 155-334 saniye arasında olduğunu, Wannerberger vd. (1997) 124-156 saniye aralığında olduğunu bildirmişlerdir. Hansen vd. (2004) üç farklı yılda yetiştirilmiş üç farklı grup çavdar örneğinin düşme sayısı değerleri ortalamalarının 127-290 saniye, 135-286 saniye ve 133-284 saniye aralığında olduğunu bildirmişlerdir. Verilen literatür araştırmasına göre düşme sayısı değerlerinin 62 saniye ile 380 saniye gibi bu çalışmada bulunandan daha geniş bir aralıkta değişmektedir. Bu farklılığın temel sebebi ürünlerdeki amilaz içeriği ve aktivitesidir. Bu özellik çavdar çeşiti ile yetişme iklimi, yağışlar, depolama koşulları ve süresi gibi etkenlerden etkilenebilecektir. Toplam 9 örnekte değer buğday unu için aranan minimum değer olan 250 değerinin daha altındadır. Özellikle Crookston bölgesinde tüm örneklerde 250 değerinin altında olması ilgi çekicidir.

#### **4.7. Arabinoksilan İçeriği ve Arabinoz/Ksiloz Oranları**

Arabinoksilanların tahılların aleuron ve endosperm hücre duvarlarının nişasta içermeyen polisakkaritleri olduğu (Boz, 2015), farklı tahıl türlerinde arabinoksilan içeriğinin de farklı olduğu ve pentosanların büyük bir kısmını (%85-90) arabinoksilanların oluşturduğu, arabinoksilanların en yüksek oranda çavdar ununda (%6-8) bulunurken buğday ununun sadece %1.5-2 oranında arabinoksilan içerdiği, arabinoksilanların çözünürlük açısından suda çözünenler ve suda çözünemeyenler olarak ikiye ayrıldığı, ekmek yapımında önemli işlevselliğe sahip olan kısmın suda çözünür arabinoksilanlar olduğu ifade edilmektedir (Izydorczyk, 1995).

Çalışmada kullanılan 19 farklı çavdar türünün arabinoksilan içeriği ve arabinoz/ksiloz oranı sonuçları Çizelge 4.13.' te verilmiştir.

Çizelge 4.13. Farklı çavdar çeşitlerinin arabinoksilan içerikleri ve arabinoz/ksiloz oranları

Çeşit	Arabinoksilan (%)	Arabinoz/Ksiloz
Akusti	7.72 dce	0.76 edc
Aroostook	8.54 ba	0.76 efdc
Dukato	7.75 dce	0.75 efdg
Elbon	7.66 dce	0.80 a
Hazlet	7.10 g	0.73 ih
KWS Bono	8.27 b	0.76 efdc
KWS Brasetto	7.45 fe	0.75 efdg
KWS Guttino	8.29 b	0.73 ihg
Musketeer	7.77 c	0.77 bdc
Oklon	8.83 a	0.78 bac
Prima	7.74 dce	0.74 ifhg
Rymin	7.23 gf	0.75 efg
Spooner	7.55 gfe	0.78 ba
SU Cossani	7.88 c	0.73 ihg
SU Forsetti	7.77 dc	0.72 i
SU Memphisto	6.97 g	0.75 efg
SU Performer	7.86 c	0.74 iefhg
Tulus	6.24 h	0.78 ba
Wheeler	7.49 dfe	0.78 ba
LSD (P<0.05)	0.30	0.02

Çavdar örnekleri arasında ortalama arabinoksilan içeriğinin %6.24-8.83 arasında değiştiği ve en düşük arabinoksilan içeriğine sahip çeşidin Tulus olduğu ve diğer tüm türlerden istatistiksel olarak da farklı olduğu (P<0.05), en yüksek arabinoksilan içeriğine sahip çeşidin Oklon olduğu ve Aroostook hariç diğer tüm çeşitlerden farklı olduğu (P<0.05) belirlenmiştir. Çeşitler arasında arabinoz/ksiloz oranı 0.72-0.80 arasında değişmiştir.

Çavdar örneklerinin yetiştirildiği beş farklı bölgeye göre arabinoksilan içeriği (%) ve arabinoz/ksiloz oranı sonuçları da Çizelge 4.14.' te verilmiştir. Çavdar örneklerinin yetiştirildiği bölgeler incelendiğinde; arabinoksilan içeriğinin %7.53-7.97 arasında değiştiği ve en düşük arabinoksilan içeriğinin Crookston bölgesinde olduğu; en yüksek arabinoksilan içeriğinin ise Kimball bölgesinde olduğu ve diğer bölgelerden istatistiksel olarak da farklı olduğu (P<0.05) tespit edilmiştir. Bölgeler arasında arabinoz/ksiloz oranı 0.74-0.77 arasında değişmiştir.

Çizelge 4.14. Çavdar çeşitlerinin yetiştirildikleri farklı bölgelere göre arabinoksilan içerikleri ve arabinoz/ksiloz oranları

Bölge	Arabinoksilan (%)	Arabinoz/Ksiloz
St Paul	7.63 c	0.77 a
Lamberton	7.79 b	0.74 d
Crookston	7.53 c	0.77 b a
LeCenter	7.54 c	0.76 b c
Kimball	7.97 a	0.75 d c
LSD (P<0.05)	0.15	0.01

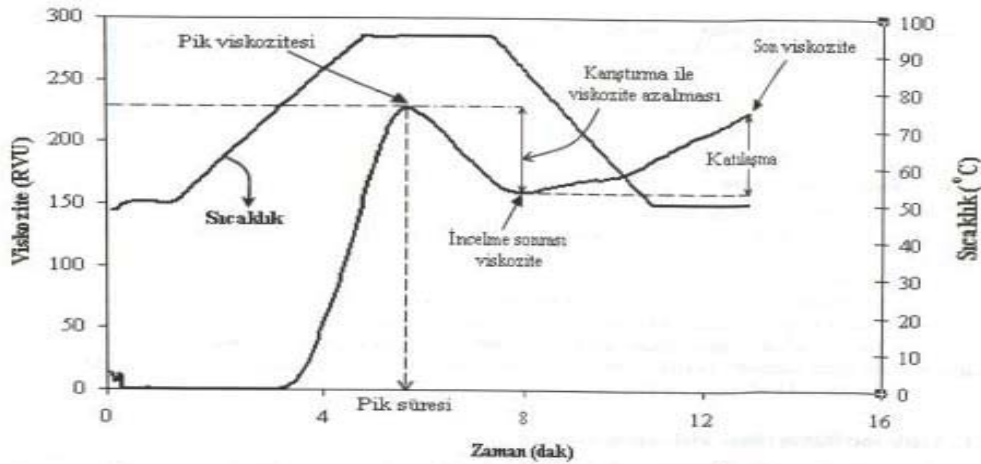
Nilsson vd. (1997b) tam tane çavdarın arabinoksilan içeriğini %9.6 olarak tespit etmişlerdir. Nyström vd. (2008) çavdar unu örneklerinin toplam arabinoksilan içeriğinin %3.11-4.31 aralığında değiştiğini bildirmişlerdir. Aynı çalışmada arabinoz/ksiloz oranının da 0.66-0.76 aralığında olduğu ifade edilmiştir. Shewry vd. (2010) tam tane ununun arabinoksilan içeriği ortalamasının %7.61-8.19 arasında ve çavdar unundaki arabinoksilan içeriğinin de %2.95-3.30 aralığında olduğunu tespit etmişlerdir. Aynı çalışmada çavdar ununun arabinoz/ksiloz oranının 0.69 ile 0.75 aralığında olduğu bildirilmiştir. Başka bir çalışmada Rakha vd. (2011), çavdar ununun toplam arabinoksilan içeriğinin %8.2 olduğunu bildirmişlerdir. Bengston ve Aman (1990) çalışmalarında, çavdar tanesinde suda çözünür arabinoksilanların izolasyonu ve kimyasal karakterizasyonunu incelemiş ve tam tane çavdarda arabinoksilan içeriğinin %7.6 olduğunu tespit etmişlerdir. Nilsson vd. (2000) suda çözünür çavdar arabinoksilanlarının heterojenliği üzerine bir çalışmada, arabinoz/ksiloz oranının 0.49-0.53 arasında değiştiği vurgulanmıştır. Buksa vd. (2013) iki farklı ticari çavdar unu örneğinin toplam arabinoksilan içeriğini %4.5 ve %5.3 olarak tespit etmişlerdir. Buksa vd. (2014) çalışmalarında üç farklı çavdar türünde toplam arabinoksilan içeriğinin %7.1-12.2 aralığında değiştiğini bildirmişlerdir. Fabritius vd. (1997) çavdar hamurunda çözünmez hücre duvarındaki yapısal değişiklikleri inceledikleri çalışmalarında, üç farklı çavdar örneğinde arabinoksilan içeriği ortalamalarının %8.3, %7.4 ve %8.5 olduğunu bildirmişlerdir. Andersson vd. (2009) çavdar unu ve ekmeği üzerine bir çalışmalarında örneklerin toplam arabinoksilan içeriği ortalamasının %8.6 olduğunu bildirmişlerdir. Hansen vd. (2002), çavdar ekmeği yapımı üzerine bir araştırmalarında, tam çavdar unu örneklerinde ortalama toplam arabinoksilan içeriğinin %10.6 olduğunu bildirmişlerdir. Aynı çalışmada örneklerin arabinoz/ksiloz

oranı ortalamasının 0.63 olduğu bildirilmiştir. Hansen vd. (2004) çalışmalarında, üç farklı yılda yetiştirilmiş çavdar örneğinin toplam arabinoksilan içeriklerinin %8.0 ile %9.6, %8.7 ile %12.1 ve %8.9 ile %10.9 aralığında değiştiğini bildirmişlerdir.

Çalışmada kullanılan örneklerin arabinoksilan içerikleri ile literatür araştırmaları verileri karşılaştırıldığında sonuçların, Shewry vd. (2010), Rakha vd. (2011), Bengston ve Aman (1990) ile Fabritius vd. (1997)' nin verilerine benzer olduğu, Nyström vd. (2008) ile Buksa vd. (2013)' nin verilerine göre yüksek, Hansen vd. (2002)' nin verilerine göre düşük olduğu görülmektedir. Arabinoksilan içerikleri arasındaki farklılığın çavdar çeşidi, toprak ve iklim koşullarından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

#### 4.7.1. Çavdar Ununun Çirilenme Özellikleri

Sıvının akışa direnci olarak tanımlanan viskozite ölçümü için hızlı viskozite testi (Rapid Visco Analyzer, RVA) cihazı ile örnek içinde bilinen bir hızda dönen bir pedal ile örneğin akışa direnci olarak ölçülmüştür. Şekil 4.1.' de tipik bir RVA grafiği verilmiştir (Saldamlı, 2014).



Şekil 4.1. Tipik bir RVA grafiği

Maksimum viskozite, maksimum viskoziteye kadar olan süre, maksimum değerinden sonra minimum viskozite ve son viskozite numunenin çirilenme özelliklerinin göstergelerini ve dolayısıyla pişirme ve diğer amaçlar için işleme değerini belirlemektedir (AACC-I, 1999).

Viskozite testinin bekleme süresi boyunca, materyal karışımı, amiloz ekstraksiyonu ve gruplaşması ile sonuçlanan yüksek sıcaklığa ve tanelerde nişasta granüllerini daha da parçalayan mekanik kayma gerilimine maruz bırakılmaktadır. Bu

periyodun genellikle viskozitede bir breakdown ile bağlantılı olduğu, nişastaların yüksek sıcaklık ve kayma gerilmesindeki ısınmaya direnme kabiliyetinin birçok proseste önemli bir faktör olduğu bildirilmiştir. Yüksek breakdown derecesinin, yüksek maksimum viskozitesi ile ilişkili olduğu ve ısıtma sırasında nişasta granüllerinin şişme derecesine bağlı olduğu, yüksek şişme kapasitesine sahip daha fazla nişasta granülünün daha yüksek bir maksimum viskozite ile sonuçlandığı, maksimum viskozitenin genellikle son ürünün kalitesi ile ilişkilendirildiği ifade edilmektedir (Ragae ve Abdel-Aal, 2006).

Soğutma sırasında nişasta molekülleri arasında yeniden birleşmenin (özellikle amiloz kısmında) bir jel yapısının oluşumuyla sonuçlanacağı ve bu sebeple viskozitenin bir final viskozitesine kadar artacağı, bu aşamanın genellikle setback bölgesi olarak tanımlandığı ve nişasta moleküllerinin retrogradasyonu ve yeniden sıralanması ile ilgili olduğu bildirilmektedir. Düşük katılma değerlerinin nişasta retrogradasyonunun ve sinerezis oranının düşük olduğunu gösterdiği ifade edilmiştir (Ragae ve Abdel-Aal, 2006).

Çalışmada kullanılan 19 farklı çavdar çeşidinin çirilenme özellikleri belirlenmiş ve elde edilen değerler Çizelge 4.15.' te, çavdar örneklerinin yetiştirildiği beş farklı bölgeye göre çirilenme özellikleri sonuçları da Çizelge 4.16.' da verilmiştir.

Çavdar örneklerinin çirilenme özellikleri değerleri incelendiğinde maksimum viskozite değerlerinin 453.47-2929.00 cP, breakdown değerlerinin 371.27-1098.80 cP, final viskozite değerlerinin 171.00-3598.07 cP, setback değerlerinin 88.80-1682.80 cP ve çirilenme sıcaklığı değerlerinin 66.62-71.18°C arasında değiştiği belirlenmiştir. Maksimum viskozite, breakdown, final viskozite ve setback kriterleri açısından en düşük değerlere ve çirilenme sıcaklığı açısından en yüksek değere sahip çeşitin Tulus olduğu ve istatistiki olarak da diğerlerinden önemli düzeyde farklı ( $P<0.05$ ) olduğu saptanmıştır. KWS Guttino en yüksek maksimum viskozite, final viskozite, sıcak çirilenme viskozitesi ve setback değerine sahip çeşittir ve bu özellikler açısından istatistiki olarak SU performer ile benzer ( $P>0.05$ ) diğer tüm çeşitlerden farklıdır ( $P<0.05$ ). SU Forsetti de en yüksek abreakdown değerine sahip; SU performer ile benzer ( $P>0.05$ ) ve diğer tüm çeşitlerden farklıdır ( $P<0.05$ ), ayrıca en düşük çirilenme sıcaklığı değeri de SU Forsetti çeşidinde görülmüştür (Çizelge 4.15.).

Çavdar örneklerinin bölgelere göre çirilenme özellikleri incelendiğinde, maksimum viskozite değerleri 1602.16-1836.68 cP, breakdown değerleri 627.07-899.86 cP, final viskozite değerleri 1824.98-2134.75 cP, setback değerleri 903.91-

1054.46 cP ve çirilenme sıcaklığı değerleri de 66.86-70.75°C arasında saptanmıştır (Çizelge 4.16.). Maksimum viskozite kriteri açısından en düşük değere sahip bölge St. Paul, en yüksek değere sahip bölge Le Center bölgesi olmuştur, ayrıca Le Center bölgesinin en yüksek final vizkozite değerine de sahip olduğu görülmüştür. Lamberton bölgesi breakdown değeri açısından en düşük değere sahipken setback ve çirilenme sıcaklığı açısından en yüksek değere sahiptir. Crookston bölgesi breakdown değeri açısından en yüksek, setback, final viskozite ve çirilenme sıcaklığı açısından en düşük değerlere sahiptir ve istatistiki olarak da diğerlerinden farklıdır ( $P<0.05$ ).

Gomand vd. (2011) çavdar nişastasının yapısal ve fizikokimyasal özelliklerini inceledikleri bir çalışmada, üç farklı çavdar türünün maksimum viskozite değerlerini 2650 cP, 2880 cP ve 2900 cP; azalma değerlerini 790 cP, 930 cP ve 690 cP; final vizkozite değerlerini 4280 cP, 4430 cP ve 5220 cP; setback değerlerini 1190 cP, 1990 cP ve 2330 cP; çirilenme sıcaklığı değerlerini de 71.9°C, 72.2°C ve 71.9°C olarak bildirmişlerdir. Ragae ve Abdel-Aal (2006) tam tane çavdar nişastasının özelliklerini incelemiş, ortalama maksimum viskozite değerlerini 1084 cP, ortalama breakdown değerlerini 328 cP, ortalama final vizkozite değerlerini 1770 cP, ortalama setback değerlerini 1014 cP olarak bildirmişlerdir ayrıca maksimum zamanı 8.6 dakika ve çirilenme sıcaklığı değeri ortalamasının ise 95.0°C olduğu bildirilmiştir. Buksa vd. (2013) tarafından çavdar ununun ekmeçlik kalitesini inceledikleri çalışmada, iki farklı ticari çavdar unu örneğinin viskozite özelliklerini amilograf testi ile belirlemişler ve ortalama çirilenme sıcaklığı değerlerini 75.7°C ve 76.4°C, ortalama maksimum viskozite değerlerini ise 1042 BU ve 910 BU olarak bildirmişlerdir. Repeckiene vd. (2001) çavdar unu özellikleri üzerine yaptıkları çalışmada, örneklerin maksimum viskozite değerlerinin 368-883 BU, maksimum viskozitedeki sıcaklık değerinin 80-88°C arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Wiepert (1997) amylogram ile yaptığı viskozite ölçümleri sonucunda, maksimum viskozite değerlerinin 415-1100 BU, maksimum sıcaklığın ise 66-76°C arasında olduğunu bildirmiştir. Nilsson vd. (1997a) çavdar unu örneklerinin maksimum viskozite ortalamasının 341 BU, maksimum viskozitedeki sıcaklık ortalamasının 67°C ve final viskozitesinin 47 BU olduğunu bildirmişlerdir. Gräber (1999) çavdar ununun amilograf ile belirlenen maksimum viskozitesinin 980 BU olduğunu bildirmiştir.

Çizelge 4.15. Farklı çavdar çeşitlerine göre çavdar ununun çirilenme özellikleri

Çeşit	Maksimum Viskozite (cP)	Sıcak Çirilenme Viskozitesi (cP)	Breakdown (cP)	Final Viskozite (cP)	Setback (cP)	Maksimum Zamanı (dk)	Çirilenme Sıcaklığı (°C)
Akusti	1373.93 hg	603.33 fg h	770.60 hg f	1269.60 fg	666.27 gh	4.99 fg	66.96 cb
Aroostook	1382.87 hg	872.80 dc	510.07 k	1831.73 dc	958.93 d	5.50 bdc	70.31 a
Dukato	1284.27 hg	534.67 gh	749.60 hg	1137.00 hg	602.33 ih	4.90 hg	67.94 cb
Elbon	1287.13 hg	871.07 dc	416.07 lm	1802.07 dc	931.00 ed	5.64 bac	71.34 a
Hazlet	1413.27 g	675.27 fe	738.00 h	1435.00 fe	759.73 gf	5.06 fe	67.00 cb
KWS Bono	2339.40 cd	1478.33 b	861.07 ed	2922.67 b	1444.33 c	5.58 bac	67.99 cb
KWS Brasetto	2494.73 cb	1549.67 b	945.07 c	3006.67 b	1457.00 c	5.50 dc	68.43 b
KWS Guttino	2929.00 a	1915.27 a	1013.73 b	3598.07 a	1682.80 a	5.64 ba	67.62 cb
Musketeer	1443.13 g	614.07 fg	829.07 edf	1295.87 fg	681.80 gh	4.99 fg	67.55 cb
Oklon	1447.00 g	987.40 c	459.60 lk	2033.87 c	1046.47 d	5.66 a	70.28 a
Prima	1649.60 f	770.27 de	879.33 d	1598.47 de	828.20 ef	5.15 e	68.00 cb
Rymin	1403.80 g	625.93 fg	777.87 hgf	1325.80 fg	699.87 gh	5.03 feg	67.90 cb
Spooner	1215.87 h	471.73 h	744.13 hg	994.33 h	522.60 i	4.84 h	68.04 cb
SU Cossani	2221.53 ed	1417.13 b	804.40 egf	2831.07 b	1413.93 c	5.52 bdac	66.62 c
SU Forsetti	2622.53 b	1523.73 b	1098.80 a	2915.47 b	1391.73 c	5.41 d	68.19 cb
SU Memphisto	2137.53 e	1478.73 b	658.80 i	2967.40 b	1488.67 bc	5.58 bac	67.20 cb
SU Performer	2847.27 a	1795.67 a	1051.60 ba	3394.87 a	1599.20 ba	5.64 bac	68.09 cb
Tulus	453.47 j	82.20 j	371.27 m	171.00 j	88.80 k	3.78 i	71.18 a
Wheeler	906.93 i	330.27 i	576.67 j	714.13 i	383.87 j	4.92 fhg	68.27 cb
LSD (P<0.05)	170.26	136.03	64.91	249.12	116.18	0.15	1.77



Çizelge 4.16. Çavdar çeşitlerinin yetiştirildikleri farklı bölgelere göre çavdar ununun çirrişlenme özellikleri

Bölge	Maksimum Viskozite (cP)	Sıcak Çirrişlenme Viskozitesi (cP)	Breakdown (cP)	Final Viskozite (cP)	Setback (cP)	Maksimum Zamanı (dk)	Çirrişlenme Sıcaklığı (°C)
St Paul	1602.16 c	924.02 b	678.14 d	1895.05 b	971.04 b	5.19 b	67.95 c
Lamberton	1646.70 c	1019.63 a	627.07 e	2074.09 a	1054.46 a	5.30 a	70.5 a
Crookston	1820.93 b a	921.07 b	899.86 a	1824.98 b	903.91 c	5.06 c	66.86 d
LeCenter	1836.68 a	1082.42 a	754.26 c	2134.75 a	1052.33 a	5.31 a	67.24 d c
Kimball	1739.12 b	946.95 b	792.18 b	1872.46 b	925.51 c b	5.28 a	69.01 b
LSD (P<0.05)	87.34	69.78	33.30	127.80	59.60	0.07	0.91

Hansen vd. (2004) üç farklı yılda yetiştirilmiş üç farklı grup çavdar örneğinin amilograf ile belirlenen maksimum viskozite değerlerinin 387-114 BU aralığında; jelatinizasyon sıcaklığının da 61-76°C aralığında olduğunu bildirmişlerdir.

Çalışmada kullanılan örneklerin nişasta viskozite ölçümü sonuçları literatür araştırmaları verileri ile karşılaştırıldığında, Gomand vd. (2011)' nin çalışmasından elde ettikleri veriler ile maksimum viskozite, breakdown açısından benzer olduğu; final viskozite, çirşlenme sıcaklığı değerlerinin daha düşük olduğu görülmektedir. Ragae ve Abdel-Aal (2006)' in çalışmalarına göre ise maksimum viskozite, breakdown, final viskozitesi ve setback değerleri açısından benzer olduğu ancak çirşlenme sıcaklığı verilerinin bu çalışmaya göre daha düşük olduğu görülmektedir.

#### **4.8. Ekmek Yapımı**

Ekmek yapımı denemesi için önce geniş bir literatür taraması sonrası çavdar ekmeği için en güncel ve yapılabilir metot seçilmiştir. Daha sonra çavdar çeşitlerinin bin tane ağırlığı ve düşme sayısı değerleri baz alınarak hangi örneklerin ekmek yapımında kullanılacağına karar verilmiştir. bin tane ağırlığı 24 g ve üzerinde ve düşme sayısı değerleri de 249 saniye ve üzerinde olan örnekler seçilmiştir. Bu kriterlere uygun 4 bölgeye ait 10 çavdar çeşiti ekmek üretiminde kullanılmıştır.

Üretilen çavdar ekmekleri %14 nem esasına göre yaklaşık 100 g un içermektedir. Ekmek hacminin (100 g un içeren ekmeğin spesifik hacmi) temel kalite kriteri olarak kabul edilmesi durumunda, çavdarda bu değer buğdaydan daha düşük seviyede olduğu göz önünde bulundurulmalıdır. Bu değer buğday unu ekmeğinde 650 cm<sup>3</sup>/100 g ve üzerinde, çavdar unu ekmeğinde yaklaşık 280-300 cm<sup>3</sup>/100 g olduğu bildirilmiştir (Wiepert, 1997).

Ekmek yapımında kullanılan 10 farklı çavdar çeşitinin ekmek özellikleri çeşitler bazında Çizelge 4.17.' de, yetiştirildikleri dört farklı bölge bazında da Çizelge 4.18.' de verilmiştir.

Ekmek yapımında kullanılan 10 farklı çavdar çeşidinin fermantasyon yüksekliği değerleri 5.14-5.65 cm arasında değişmiştir. Bu özellik açısından en yüksek sonuçlara sahip çeşitin Elbon, en düşük sonuçlara sahip çeşitin ise KWS Guttino çeşiti olduğu görülmüştür. Bölgeler arasında fermantasyon yüksekliği değerleri 5.35-5.48 cm aralığında değişmiştir. Le Center ve Kimball bölgeleri en yüksek sonuçlara sahip

bölgeler olmuştur. Crookston bölgesi fermantasyon yüksekliği açısından en düşük değerlere sahiptir ve istatistiksel anlamda diğerlerinden farklıdır ( $P<0.05$ ).

Çavdar çeşitlerinin fırın çıkışı yüksekliği değerleri 5.1-5.65 cm arasında değişmiştir. Bu özellik açısından en yüksek sonuçlara sahip çeşitin Elbon, en düşük sonuçlara sahip çeşitin ise KWS Guttino çeşiti olduğu görülmüştür. Bölgeler bazında fırın çıkışı yüksekliği değerleri 5.45-5.51 cm arasında değişmiştir. Kimball bölgesinin en yüksek sonuçlara sahip bölge olduğu görülmüştür. Crookston bölgesi fırın çıkışı yüksekliği açısından en düşük sonuçlara sahiptir ve istatistiksel anlamda diğerlerinden farklıdır ( $P<0.05$ ).

Çavdar çeşitlerinin fırın sıçraması değerleri 0.01 ile 0.7 cm arasında değişmiştir. Bu özellik açısından en yüksek sonuçlara sahip çeşitin KWS Guttino, en düşük değere sahip çeşitin ise Aroostok olduğu görülmüştür. Bölgeler bazında fırın sıçraması değerleri 0.03-0.10 cm arasında değişmiştir. Fırın sıçraması açısından en yüksek değer Crookston en düşük değer ise Le Center bölgesinde tespit edilmiştir. Crookston bölgesi istatistiksel anlamda diğer bölgelerden farklıdır ( $P<0.05$ ).

Çavdar çeşitlerinin somun hacmi değerleri 285.00-314.17 cc arasında değişmiştir. Bu özellik açısından en yüksek sonuçlara sahip çeşitin Elbon, en düşük sonuçlara sahip çeşitin ise KWS Guttino olduğu görülmüştür. Elbon çeşiti somun hacmi açısından diğer tüm çeşitlerden istatistiksel olarak önemli düzeyde ( $P<0.05$ ) farklıdır. Bölgeler bazında somun hacmi değerleri 298.00-303.33 cc arasında değişmiştir. En yüksek değerlere sahip bölge St Paul, en düşük değerlere sahip bölge ise Crookston bölgesi olmuştur.

Çavdar çeşitlerinin ağırlıkları 138.89-143.78 g arasında değişmiştir. Bu özellik açısından en yüksek sonuçlara sahip çeşitin KWS En yüksek değerlere sahip bölge LeCenter, en düşük değerlere sahip bölge ise St Paul bölgesi olmuştur ve istatistiksel anlamda diğer bölgelerden farklıdır ( $P<0.05$ ).

Çavdar çeşitlerinin spesifik hacim değerleri 1.98-2.25 cc/g arasında değişmiştir. Bu özellik açısından en yüksek sonuçlara sahip çeşitin Elbon, en düşük sonuçlara sahip çeşitin ise KWS Guttino olduğu görülmüştür. Elbon çeşiti spesifik hacim açısından diğer tüm çeşitlerden istatistiksel olarak önemli düzeyde ( $P<0.05$ ) farklıdır. En yüksek değerlere sahip bölge St Paul bölgesi olmuştur ve istatistiksel anlamda diğer bölgelerden farklıdır ( $P<0.05$ ). En düşük değerlere sahip bölge ise Crookston bölgesi olmuştur.

Çizelge 4.17. Ekmek yapımında kullanılan 10 farklı çavdar çeşidinin ekmek özellikleri

Çeşit	Fermentasyon Yüksekliği (cm)	Fırın Çıkışı Yüksekliği (cm)	Fırın Sıçraması (cm)	Somon Hacmi (cc)	Ağırlık (g)	Spesifik Hacim (cc/g)
Aroostook	5.58 b a	5.58 b a c	0.01 d	305.83 c b	141.13 c d	2.17 c b
Elbon	5.65 a	5.65 a	0.00 d	314.17 a	139.66 e f	2.25 a
KWS Bono	5.39 d	5.43 e d	0.03 d c	294.58 e	141.52 b c	2.08 d
KWS Brasetto	5.21 e	5.36 e f	0.15 b a	287.92 f	142.78 b a	2.02 e
KWS Guttino	5.14 e	5.31 f	0.17 a	285.00 f	143.78 a	1.98 e
Oklon	5.58 b a	5.59 b a	0.01 d c	307.08 b	140.45 e c d	2.19 c b
SU Cossani	5.49 b c d	5.49 d c	0.00 d c	302.50 c b d	139.06 e f	2.18 c b
SU Forsetti	5.45 c d	5.52 b c	0.07 b d c	301.67 c d	140.07 e f d	2.15 c
SU Memphisto	5.53 b c	5.55 b c	0.03 d c	305.42 c b	138.89 f	2.20 b
SU Performer	5.41 c d	5.49 d c	0.08 b a c	298.75 e d	141.38 b c d	2.11 d
LSD (P<0.05)	0.12	0.09	0.08	5.08	1.44	0.04

Çizelge 4.18. Ekmek yapımında kullanılan çavdar çeşitlerinin yetiştirildikleri 4 farklı bölgeye göre ekmek özellikleri

Bölge	Fermentasyon Yüksekliği (cm)	Fırın Çıkışı Yüksekliği (cm)	Fırın Sıçraması (cm)	Somun Hacmi (cc)	Ağırlık (g)	Spesifik Hacim (cc/g)
St Paul	5.46 a	5.50 b a	0.04 b	301.33 a	139.11 b	2.17 a
Crookston	5.35 b	5.45 b	0.10 a	298.00 b	141.32 a	2.11 b
LeCenter	5.48 a	5.51 a	0.03 b	301.00 b	141.73 a	2.12 b
Kimball	5.48 a	5.52 a	0.04 b	300.83 a	141.32 a	2.13 b
LSD (P<0.05)	0.08	0.06	0.05	3.21	0.91	0.02

## St. Paul



Şekil 4.2. St. Paul bölgesinde yetiştirilmiş çeşitlerden elde edilen bazı ekmek örnekleri

## Crookston



Şekil 4.3. Crookston bölgesinde yetiştirilmiş çeşitlerden elde edilen bazı ekmek örnekleri

## LeCenter



Şekil 4.4. LeCenter bölgesinde yetiştirilmiş çeşitlerden elde edilen bazı ekmek örnekleri

## Kimball



Şekil 4.5. Kimball bölgesinde yetiştirilmiş çeşitlerden elde edilen bazı ekmek örnekleri

St. Paul, Crookston, Le Center ve Kimball bölgelerinde yetiştirilen çavdarlardan elde edilen ekmeklere ait bazı örnek resimler Şekil 4.2., 4.3., 4.4. ve 4.5.' te verilmiştir. Repeckiene vd. (2001) çavdar ekmeği örneklerinin ortalama hacim değerlerinin 264-288 ml aralığında, ortalama spesifik hacim değerlerini ise 1.52-1.64 ml/g aralığında olduğunu bildirmişlerdir. Kuhn ve Grosch (1989) altı farklı un fraksiyonunda ekme örneklerinin spesifik hacimlerinin 1.06-1.42 cm<sup>3</sup>/g arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Autio vd. (1996) iki farklı uygulamada çavdar ekmeği örneklerinin spesifik hacimlerinin 1.95-2.00 cm<sup>3</sup>/g aralığında ve 2.02-2.12 cm<sup>3</sup>/g aralığında olduğunu bildirmişlerdir. Buksa vd. (2010) üç farklı çavdar türü ile yapılan ekmeklerde en büyük ve en küçük somun hacimlerinin sırasıyla 227.75 cm<sup>3</sup> ve 267.50 cm<sup>3</sup>, 228.13 cm<sup>3</sup> ve 268.75 cm<sup>3</sup>, 233.50 cm<sup>3</sup> ve 272.50 cm<sup>3</sup> olduğunu bildirmişlerdir. Nilsson vd. (1997a) tarafından da çavdar ekmeği örneklerinin spesifik hacminin 1.6 ml/g olduğu bildirilmiştir. Somun hacmi ve spesifik hacim temel kriterler olarak baz alınır, çalışmada kullanılan çavdar örneklerinden hazırlanan ekmeklerin somun hacmi ve spesifik hacim değerlerinin diğer çalışmalarda elde edilen veriler ile benzer olduğu belirlenmiştir. Ayrıca literatürde 100 g çavdar ekmeği hacminin 280-300 cm<sup>3</sup> aralığında olduğu bilgisine ulaşılmıştır. Ekme örneklerinin hacim verilerinin bu değerlere uygun olduğu görülmektedir.

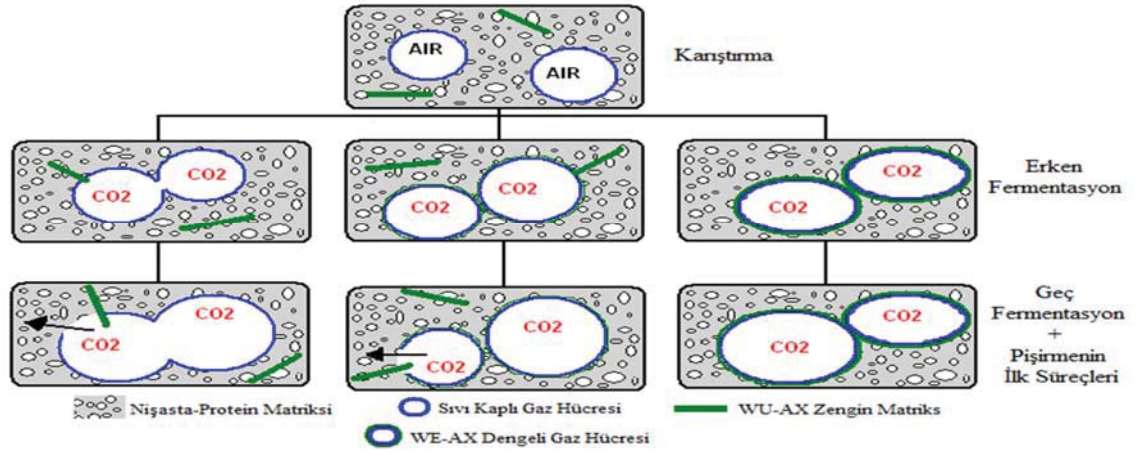
#### **4.9. Arabinoksilan İçeriğinin Ekme Kalitesine Etkisi**

Çavdar ekmeğinin en önemli karakteristiğinin ekme için yumuşak-esnek ve elastik olan fiziksel özellikleri olduğu, sıkı ve kuru ya da ıslak-gevşek ve elastik olmayan ekme için çavdar ekmeğini satılamaz yaptığı, buğdayın aksine çavdarın işleme performansının büyük ölçüde pentozanların fonksiyonel özelliklerinin bağlı olduğu, gluten bileşeninin ikinci derecede önemli olduğu bildirilmiştir (Wiepert, 1997).

Solüsyonlarda viskoz yapı oluşturabilme yeteneğine sahip suda çözünebilir arabinoksilanların aynı zamanda oksidatif ajanlarla jel oluşturabilme yeteneğine de sahip olduğu, arabinoksilanların su bağlama yeteneği yüksek olduğundan, ekme yapım kalitesi, nişasta retrogradasyonu ve hamur reolojik özelliklerindeki rolünün önemli olduğu ifade edilmiştir (Boz, 2015). Çavdar hamurunun işleme özellikleri üzerine olumlu katkıları olan suda çözünebilir arabinoksilanların ekme hacmini ve hamur viskozitesini artırdığı, pişirme sırasında arabinoksilanlarda gerçekleşen

enzimatik hidroliz ve fiziksel değişimlerin hamurda yumuşamaya neden olduğu bildirilmektedir (Banu vd., 2011).

Arabinoksilanların başka bir işlevsel özelliğinin ise hamurda gaz tutma yeteneğini etkilemesi olduğu (Foscchia vd., 2013), arabinoksilanların protein köpüklerini termal bozulmalara karşı koruduğu bildirilmiştir. Yüksek viskozitesinin, gaz kabarcıklarını çevreleyen gluten-nişasta filmlerinin mukavemet ve elastikiyetine katkıda bulunacağı ve bu nedenle pişirme sırasında hamurdan CO<sub>2</sub> difüzyon oranını yavaşlatacağı düşünölmektedir. Ekmek iči dokusunun inceliği ve homojenliğinin ısıtma sırasında gaz hücrelerinin birleşip çökmesi ile doğrudan ilgili olduğu bildirilmiştir (Izydorczyk ve Biliaderis, 1995). Arabinoksilanların ekmek yapımında gaz tutmadaki işlevi Şekil 4.6.' da şematik olarak verilmiştir (Courtin ve Delcour, 2002).



Şekil 4.6. Arabinoksilanların ekmek yapımındaki işlevi

Ekmek yapımı için seçilen 4 bölgeye ait çavdarlardan üretilen ekmeklerin kesit örnekleri ve çavdar çeşitlerinin yüzde arabinoksilan içerikleri Şekil 4.7., 4.8., 4.9. ve 4.10.' da verilmiştir. Şekillerden göröldüğü gibi arabinoksilan yüzdesi yüksek olan çeşitlerden elde edilen ekmek kesitlerinin daha düzgün yapıda olduğu açıkça fark edilirken arabinoksilan yüzdesi düşük olan çeşitlerden elde edilen ekmek örneklerinin dokusunun daha sıkı ve daha katı olduğu belirlenmiştir. Ekmek yapımında hamur oluşumu ve gaz tutma kapasitesini önemli derecede etkileyen arabinoksilan fraksiyonunun suda ekstrakte olabilir arabinoksilanlar olduğu belirtilmektedir.

Arabinoksilanların tanede buldukları kısımların birbirinden farklı olduğu, suda çözünebilen arabinoksilanların hücre duvarının dışında bulunurken, suda çözünmeyen arabinoksilanların ise hücre duvarı içerisinde yer aldığı (Finnie vd., 2006), suda ekstrakte edilebilir arabinoksilanların formik asit köprüleri kurarak



kimyasal ya da enzimatik oksidasyon ile arabinoksilan zincirlerinin kovalent çapraz bağlanması ile jel oluşturabildiği bildirilmiştir (Vinkx ve Delcour, 1996).

### Le Center

Oklon  
%9.3 Arabinoksilan

SU Cossani  
%7.5 Arabinoksilan



Şekil 4.7. Le Center bölgesinde yetiştirilmiş Oklon ve SU Cossani çeşiti çavdarlardan elde edilen ekmek kesit örnekleri ve yüzde arabinoksilan içerikleri

### Crookston

Oklon  
%7.5 Arabinoksilan

SU Forsetti  
%6.6 Arabinoksilan



Şekil 4.8. Crookston bölgesinde yetiştirilmiş Oklon ve SU Cossani çeşiti çavdarlardan elde edilen ekmek kesit örnekleri ve yüzde arabinoksilan içerikleri

## St. Paul

Elbon  
%7.9 Arabinoksilan

SU Performer  
%7.3 Arabinoksilan



Şekil 4.9. St. Paul bölgesinde yetiştirilmiş Oklon ve SU Cossani çeşiti çavdarlardan elde edilen ekmek kesit örnekleri ve yüzde arabinoksilan içerikleri

## Kimball

Aroostok  
%7.9 Arabinoksilan

KWS Bono  
%7.9 Arabinoksilan



Şekil 4.10. Kimball bölgesinde yetiştirilmiş Oklon ve SU Cossani çeşiti çavdarlardan elde edilen ekmek kesit örnekleri ve yüzde arabinoksilan içerikleri

### 4.10. Nişasta İçeriği ve Düşme Sayısının Ekmek Özelliklerine Etkisi

Nişastanın su varlığında ısıtılması ile meydana gelen değişimlerin birçok gıdanın özelliklerini belirlediği, normal nişasta suda çözünmemesine rağmen ilave edilen suyun bir kısmını yapısında hapsedtiği ve yaklaşık %5 hacim artışına uğradığı, suyun yüzeyde tutunması ve hacimdeki değişimin tersinir olduğu, ancak nişasta taneciğinin jelatinizasyon sıcaklığından daha yüksek sıcaklıklara ısıtılırsa tersinmez değişimlerin

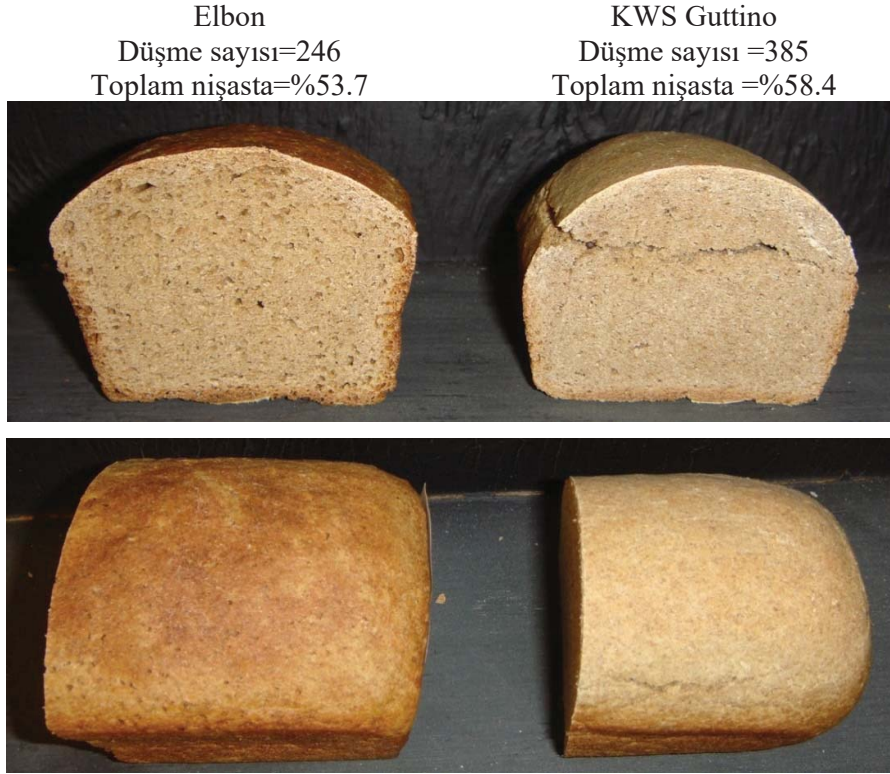
meydana geldiği ve bunun sonucunda nişasta taneciğinin yapısının bozulduğu belirtilmektedir. Bu olaya jelatinizasyon denilmektedir (Saldamlı, 2014).

Kısmen jelatinleştirilmiş formdaki çavdar nişastasının pişmiş çavdar ekmeğinin ekmek içi tekstüründe önemli rol oynadığı, nişastanın çok yüksek derece jelatinleşmesi ve  $\alpha$ -amilaz ile dekstrinlere ayrışmasının ekmek kalitesini olumsuz yönde etkilediği, yapışkan yapı oluştuğu, ters yönde düşük jelatinizasyon derecesi ve düşük  $\alpha$ -amilaz aktivitesinin de kuru ekmek içi ile sonuçlandığı ifade edilmektedir (Lasztity, 1999).

Düşme sayısı testi ile dolaylı olarak ölçülen enzim aktivitesi seviyesinin ürün kalitesini etkileyen çok önemli bir parametre olduğu bildirilmiştir. Örneğin; ekmek hamurunda maya gelişiminin düzgünlüğü için gerekli şekerin oluşması için hamurda belli seviyede enzim aktivitesi gerekmektedir. Ancak çok yüksek enzim aktivitesi durumu da çok fazla şeker ve çok düşük nişasta varlığı anlamına gelmektedir. Ekmek yapısına destek sağlayan nişastanın azlığı şekerin çokluğunun da yapışkan hamur ve zayıf son ürün tekstürü ile sonuçlandığı, düşme sayısının yüksekliğinin una çeşitli yollarla enzim ilave edilerek telafi edebileceği, ancak düşme sayısının çok düşük ise enzimlerin undan ayrılamayacağından onu kullanılamaz hale getiren ciddi bir soruna neden olduğu bildirilmektedir (Center, 2008). Düşme sayısı 150 saniyeden az ise enzim aktivitesinin yüksek, 200-250 saniye arasında ise normal, 350 saniyeden fazla ise enzim aktivitesinin düşük olduğu belirtilmektedir (Özkaya ve Özkaya, 2005).

St. Paul, Le Center, Crookston ve Kimball bölgelerinde yetiştirilen farklı çavdar türlerinden elde edilen ekmek örneklerinin ekmek kesit örnekleri, düşme sayısı değerleri ve yüzde nişasta içerikleri Şekil 4.11., 4.12., 4.13. ve 4.14.' te verilmiştir. Ekmek örneklerinin kesitleri incelendiğinde, düşme sayısı değerleri normal seviyelerde olan çeşitlerden elde edilen ekmeklerin ekmek içi dokusunun belirgin şekilde daha düzgün olduğu görülürken, düşme sayısı değerleri çok yüksek olan çeşitlerden elde edilen ekmeklerin ekmek içi dokusunun daha sıkı ve katı olduğu belirlenmiştir. Bu sonuç düşük enzim aktivitesinin maya gelişimini ve dolayısıyla ekmek kalitesini olumsuz yönde etkilediği şeklinde yorumlanmıştır.

## St. Paul



Şekil 4.11. St. Paul bölgesinde yetiştirilmiş Elbon ve KWS Guttino çeşiti çavdarlardan elde edilen ekmek kesit örnekleri, düşme sayısı değerleri ve yüzde nişasta içerikleri

Fırıncılık ürünlerinde yüzey rengi, aroma, tat ve genel görünümün önemli kalite nitelikleri olduğu bildirilmiştir. Bu anlamda esmerleşme ekmeklerde maksimum renk oluşumu olarak tanımlanabilmektedir. Ekmek ürünlerinde esmerleşmenin gelişimi, ağırlıklı olarak sistemin sıcaklık ve su aktivitesinden etkilenen dinamik bir süreç olduğu bildirilmiştir. Hidroksimetilfurfural (HMF) ve melanoidinler gibi pişirme esnasında oluşan renkli bileşiklerin üretimi ve birikiminden kaynaklanmaktadır (Purlis, 2010).

### Le Center



Şekil 4.12. Le Center bölgesinde yetiştirilmiş Elbon ve KWS Guttino çeşiti çavdarlardan elde edilen ekmek kesit örnekleri, düşme sayısı değerleri ve yüzde nişasta içerikleri

### Crookston



Şekil 4.13. Crookston bölgesinde yetiştirilmiş Aroostok ve KWS Brasetto çeşiti çavdarlardan elde edilen ekmek kesit örnekleri, düşme sayısı değerleri ve yüzde nişasta içerikleri

## Kimball



Şekil 4.14. Kimball bölgesinde yetiştirilmiş Oklon ve KWS Bono çeşiti çavdarlardan elde edilen ekmeğin kesit örnekleri, düşme sayısı değerleri ve yüzde nişasta içerikleri

Fırında pişirme sırasında renk oluşumunun Maillard Reaksiyonu ve şekerlerin karamelizasyonu sebebiyle gerçekleştiği (Purlis, 2010), gıda teknolojisinde önemli yere sahip olan Maillard Reaksiyonunun, enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonu olduğu ve ekmeğin kabuğunda arzu edilen renk ve aromayı oluşturduğu belirtilmektedir. Bu reaksiyonun serbest amino asit, peptit veya proteinlerin yapısındaki serbest amino grubu ile indirgen şekerler arasındaki reaksiyonla başladığı ve esmer renkli azotlu polimerlerin (melanoidin) oluşumu ile sonuçlandığı, azotlu maddelerin bulunmadığı ortamda da şekerler ve şeker grupları ısıtıldığında karamelizasyon olarak isimlendirilen bir seri tepkime meydana geldiği, bunun da Maillard Reaksiyonu gibi enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonu olduğu ifade edilmektedir. Ortam sıcaklığı 120°C' yi aştığında orta dereceli ısıtılma dayanıklı olan şekerlerin prolize uğradığı, karamelizasyon reaksiyonunun indirgen şekerlerin dehidrasyonu ile başladığı, susuz veya konsantrasyon çözeltilerde ısıtılan şekerlerin bir dizi tepkimeden geçtiği ve renklerinin kahverengiye dönerek koyulaştığı (Saldamlı, 2014), pişirme sırasında nişasta ve sukroz hidroliz edilerek bu iki esmerleşme reaksiyonlarına katılabilen indirgen

şekerlerin oluşumuna yol açtığı ve dolayısıyla Maillard reaksiyonu ve karamelizasyonun aynı anda gerçekleşebildiği bildirilmiştir (Capuano vd., 2008).

Şekil 4.11., 4.12., 4.13. ve 4.14.' te verilen St. Paul, Le Center, Crookston ve Kimball bölgelerinde yetiştirilen farklı çavdar türlerinden elde edilen ekmeklerin kabuk rengi incelendiğinde nişasta içeriği daha düşük olan türlerde rengin daha koyu olduğu görülmektedir. Bu durum bu örneklerin daha yüksek enzim aktivitesi ile açıklanabilir, çünkü düşük düşme sayısına yani yüksek enzim aktivitesine sahip bu örneklerde nişasta parçalanması ve dolayısıyla indirgen şeker oluşumu daha yüksek seviyelerde olacaktır. İndirgen şeker seviyesinin daha yüksek olması da daha fazla esmerleşmeyi sağlayacağı düşünülmektedir.

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Günümüzde sağlıklı beslenme ve bilinçli gıda tüketimine yönelim kapsamında son yıllarda çavdar ve yulaf gibi fonksiyonel bileşenleri yüksek oranda içeren diğer ürünlere yönelim hızla artmaktadır. Çavdarda yüksek besinsel lif içeriğinin (%15-21) en önemli bileşeni, ekmeğin yapımı, kalitesi ve besinsel özellikleri üzerine etkili olan arabinoksilanlardır. Bu çalışmada Amerika Birleşik Devletleri' nin Minneota Eyaleti' nin hava ve toprak koşulları birbirinden farklı beş ayrı bölgesinde, üç tekerrürlü olarak yetiştirilmiş 19 farklı çavdar çeşitinin tane ve un kalitesi, arabinoksilan içeriği ve seçilen çavdarlardan üretilen ekmeğin örneklerinin kalite özellikleri belirlenmiştir. Çalışılan çavdar örneklerinin farklı genetik geçmişlere sahip olması, hava ve toprak koşulları farklı bölgelerde yetiştirilmeleri sebebiyle fiziksel ve kimyasal birçok açıdan önemli farklılıklar belirlenmiştir.

Tane kalitesinin belirlenmesine yönelik yapılan analizlerde 19 farklı çavdar çeşiti arasında yabancı madde miktarı %0.07-0.77 arasında değişmiş, en düşük değer Hazlet, en yüksek değer Wheeler çeşidinde belirlenmiştir. Bölgeler açısından ise yabancı madde miktarı %0.08-0.26 arasında değişmiş ve en düşük değer Kimball, en yüksek değer de Crookston bölgesinde saptanmıştır. Hektolitreye ağırlığı çeşitler arasında 64.00-73.50 kg/hl, bölgeler arasında da 70.26-73.00 kg/hl arasında değişmiştir. En düşük ve yüksek değerlerin sırasıyla Tulus ve Hazlet çeşitleri ile Lamberton ve Crookston bölgelerinde olduğu belirlenmiştir. Bin tane ağırlığı çeşitler arasında 25.40-38.47 g, bölgeler arasında ise 25.90-32.07 g arasında değişmiştir. En düşük ve yüksek değerler sırasıyla Aroostok ve Wheeler çeşitleri ile Lamberton ve Le Center bölgelerinde belirlenmiştir.

Un kalitesi analizlerinden nem değerleri çeşitler arasında %8.56-8.91, bölgelerde %8.46-9.17 arasında değişmiştir. En düşük ve yüksek nem değeri sırasıyla Wheeler ve Tulus çeşitleri ile St. Paul ve Kimball bölgelerinde belirlenmiştir. Kül içerikleri çeşitler arasında %1.30-1.72, bölgelerde %1.30-1.72 aralığında değişmiş, en yüksek ve en düşük değerler sırasıyla çeşitlerde SU Memphisto ve Wheeler, bölgelerde Crookston ve St. Paul bölgelerinde saptanmıştır. Protein içeriğinin de çeşitlerde %9.89-16.23, bölgelerde %10.07-12.85 arasında değiştiği belirlenmiştir. En düşük ve yüksek değerler sırasıyla SU Forsetti ve Wheeler çeşitleri ile Kimball ve LeCenter bölgelerinde belirlenmiştir. Nişasta içeriğinin de çeşitlerde %53.45-63.25, bölgelerde %58.84-60.54 arasında değiştiği belirlenmiştir. En düşük ve yüksek nişasta içeriğine sahip çeşitlerin sırasıyla Aroostook ve Tulus, bölgenin ise LeCenter ve Kimball olduğu tespit edilmiştir.



Un örneklerinin düşme sayısı değerlerinin çeşitler arasında 98.07-333.53 saniye, bölgeler arasında 228.49-260.72 saniye aralığında değiştiği, en yüksek ve düşük değerlerin sırasıyla çeşitlerde Tulus ve KWS Guttino, bölgelerin Crookston ve LeCenter olduğu belirlenmiştir.

Arabinoksilan içeriğinin çeşitler arasında %6.24-8.83 aralığında değiştiği ve en düşük içeriğe sahip çeşitin Tulus, en yüksek içeriğe sahip çeşitin Oklon olduğu, arabinoz/ksiloz oranının da 0.72-0.80 arasında değiştiği belirlenmiştir. Bölgeler arasında da arabinoksilan içeriğinin %7.53-7.97 aralığında değiştiği ve en düşük içeriğin Crookston, en yüksek içeriğin Kimball bölgelerinde olduğu tespit edilmiştir. Bölgeler arasında arabinoz/ksiloz oranı da 0.74-0.77 arasında değişmiştir.

Unun jelatinizasyonu hakkında bilgi veren çirışlenme özelliklerinde çeşitler açısından maksimum viskozite 453.47-2929.00 cP, final viskozite 171.00-3598.07 cP, setback değeri 88.80-1682.80 cP, çirışlenme sıcaklığı 66.62-71.18°C arasında bulunmuştur. Maksimum viskozite, final viskozite ve setback değeri açısından en düşük değerlere ve çirışlenme sıcaklığı açısından en yüksek değere sahip çeşitin Tulus olduğu tespit edilmiştir. KWS Guttino en yüksek maksimum, final viskozite ve setback değerine sahip çeşittir. En düşük çirışlenme sıcaklığı değeri ise SU Forsetti çeşitinde görülmüştür. Bölgeler açısından ise maksimum viskozite 1602.16-1836.68 cP, final viskozite 1824,98-2134.75 cP, setback değeri 903.91-1054.46 cP ve çirışlenme sıcaklığı 66.86-70.75°C arasında bulunmuştur. Maksimum viskozite kriteri açısından en düşük değere sahip bölge St. Paul iken, en yüksek değere sahip bölge Le Center bölgesi olmuştur, ayrıca Le Center bölgesinin en yüksek final viskozite değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Setback değeri ve çirışlenme sıcaklığı açısından da Lamberton bölgesi en yüksek, Crookston bölgesi de setback ve çirışlenme sıcaklığı açısından en düşük değerlere sahiptir.

Yukarıda özetlenen analizler ile genel kalite kriterleri belirlenen çavdar örneklerinden ekmek yapımı için bin tane ağırlığı 24 g ve üzerinde, düşme sayısı değerleri de 249 saniye ve üzerinde olan 4 bölgeye ait 10 çavdar çeşiti ekmek üretiminde kullanılmıştır. Çeşitler arasında fermentasyon yüksekliği değerleri 5.14-5.65 cm, fırın çıkışı yüksekliği 5.31-5.65 cm, somun hacmi 285.00-314.17 cc, fırın sıçraması 0.01-0.17 arasında ve spesifik hacim değerleri 1.98-2.25 cc/g arasında belirlenmiştir. Türler arasında fermentasyon yüksekliği, fırın yüksekliği, somun hacmi ve spesifik hacim açısından en yüksek değerlere Elbon, en düşük değerlere KWS Guttino çeşitinin sahip olduğu görülmüştür. KWS Guttino çeşiti fırın sıçraması kriteri açısından en yüksek değere sahip olmaktadır. Bölgeler arasında da fermentasyon yüksekliği 5.35-5.48 cm, fırın

çıkışı yüksekliği 5.45-5.51 cm, somun hacmi 298.00-301.33 cc, fırın sıçraması 0.03-0.10 cm ve spesifik hacim değerleri 2.11-2.17 cc/g arasında değişmiştir. Fırın sıçraması dışında tüm değerlerde en düşük ortalamaya sahip bölge Crookston bölgesi olmuştur. En yüksek değerler somun hacmi ve spesifik hacim açısından St. Paul, fermentasyon yüksekliği açısından Le Center ve Kimball, fırın yüksekliği açısından da Le Center bölgeleri olduğu belirlenmiştir. Fırın sıçraması açısından ise en yüksek değer Crookston en düşük değer Le Center bölgesinde tespit edilmiştir.

Besinsel liflerin ana bileşenleri olan arabinoksilan içeriklerinin ekmek kalitesi üzerine etkileri değerlendirildiğinde, arabinoksilan oranı yüksek olan türlerden elde edilen ekmek kesitlerinin daha düzgün yapıda olduğu açıkça fark edilirken, arabinoksilan yüzdesi düşük olan türlerden elde edilen ekmek örneklerinin dokusunun daha sıkı ve daha katı olduğu belirlenmiştir. Ekmek kesitlerinden belirlenen ekmek içi dokusunun düşme sayısı değerleri normal seviyelerde olan çavdar türlerinde belirgin şekilde daha düzgün olduğu, düşme sayısı değerleri çok yüksek olanlarda ise daha sıkı ve katı olduğu belirlenmiştir. Bu durum düşük enzim aktivitesinden dolayı maya gelişiminin kötü etkilenmesine bağlanmıştır. Ekmek örneklerinin kabuk renginin nişasta içeriği daha düşük olan örneklerde daha koyu olduğu görülmüştür. Bunun sebebi bu örneklerdeki düşük düşme sayısına yani yüksek enzim aktivitesi dolayısıyla nişastanın parçalanması ve indirgen şeker oluşumunun daha yüksek olmasına bağlanmıştır. Çavdar örneklerinin özellikleri genel olarak değerlendirildiğinde, toplam nişasta içeriği, düşme sayısı ve toplam arabinoksilan içeriğinin ekmek özelliklerini önemli düzeyde etkilediği tespit edilmiştir.

Gelecekte yapılacak çalışmalarda arabinoksilan içeriği ve düşme sayısı gibi özellikler ile ekmek özellikleri arasındaki korelasyonun belirlenmesi hedeflenebilir. Ülkemizde gereken değeri henüz görememiş, içerdiği besinsel lifler ve diğer önemli bileşenlerle sağlık ve beslenme açısından önemi bilimsel çalışmalarda kanıtlanmış olan, ancak standart bir üretim sürecine sahip olmayan çavdar ve çavdar ekmeği konusunda tane ve ekmek kalite özelliklerini belirlemeye ve farklı ekmek üretim yöntemlerini karşılaştırmaya yönelik araştırmalar yapılarak ülkemizde bu konuda sınırlı olan literatüre katkı sağlanmalı, halkın sağlıklı beslenmesi için alternatif ürünler ortaya konulmalıdır.

## KAYNAKLAR

- AACC-I. 1999. Approved methods of analysis, 11th ed. Method 76-21.01. General pasting method for wheat or rye flour or starch using the rapid visco analyzer. St. Paul, MN, U.S.A: AACC International.
- AACC. 2001. American Association of Cereal Chemists Definition of dietary fiber: report of the dietary fiber definition committee to the board of directors of the American association of cereal chemists. *Cereal Foods World*. 6:112-26.
- AACC-I. 2009. AACC International approved methods of analysis. AACC International. <http://www.aaccnet.org/ApprovedMethods> Accessed.
- Aman, P., Andersson, A.A.M., Rakha, A, and Andersson, R. 2010. Rye, a healthy cereal full of dietary fiber. *Cereal Foods World*, 55(5): 231-234.
- Andreasen, M. F., Christensen, L. P., Meyer, A. S., and Hansen, Å. 2000. Content of phenolic acids and ferulic acid dehydrodimers in 17 Rye (*Secale cereale* L.) Varieties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(7): 2837-2842.
- Andersson, R., Fransson, G., Tietjen, M., and Åman, P. 2009. Content and molecular-weight distribution of dietary fiber components in whole-grain rye flour and bread. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(5): 2004-2008.
- Anderson, J. W., Baird, P., Davis, R. H., Ferreri, S., Knudtson, M., Koraym, A. and Williams, C.L. 2009. Health benefits of dietary fiber. *Nutrition reviews*, 67(4): 188-205.
- Anonim, 2017a. GoodMills Innovation – Grain Gallery. <http://grain-gallery.com/en/rye/images> (Erişim tarihi: 06.06.2017).
- Anonim, 2017b. Türkiye İstatistik Kurumu Temel İstatistikler. [http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt\\_id=1001](http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001) (Erişim tarihi: 06.06.2017).
- Anonim, 2017c. SAS/STAT(R) 9.2 User's Guide, Second Edition. [https://support.sas.com/documentation/cdl/en/statug/63033/HTML/default/viewer.htm#statug\\_anova\\_sect001.htm](https://support.sas.com/documentation/cdl/en/statug/63033/HTML/default/viewer.htm#statug_anova_sect001.htm) (Erişim tarihi: 31.07.2017).
- Autio, K., Härkönen, H., Parkkonen, T., Frigård, T., Pautanen, K., Siika-Aho, M., and Åman, P. 1996. Effects of purified endo- $\beta$ -xylanase and endo- $\beta$ -glucanase on the structural and baking characteristics of rye doughs. *LWT-Food Science and Technology*, 29(1-2): 18-27.
- Bach Knudsen, K. E., and Lærke, H. N. 2010. Rye arabinoxylans: molecular structure, physicochemical properties and physiological effects in the gastrointestinal tract. *Cereal Chemistry*, 87(4): 353-362.
- Banu, I., Vasilean, I., Constantin, O. E. and Aprodu, I. 2011. Prediction of rye dough behaviour and bread quality using response surface methodology. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, 239-247.
- Beck, M., Jekle, M., Selmair, P. L., Koehler, P. and Becker, T. 2011. Rheological properties and baking performance of rye dough as affected by transglutaminase. *Journal of Cereal Science*, 54(1): 29-36.

- Bengtsson, S. and Åman, P. 1990. Isolation and chemical characterization of water-soluble arabinoxylans in rye grain. *Carbohydrate Polymers*, 12(3): 267-277.
- Bengtsson, S., Andersson, R., Westerlund, E. and Åman, P. 1992. Content, structure and viscosity of soluble arabinoxylans in rye grain from several countries. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 58(3): 331-337.
- Bishnoi, U. R. and Hughes, J. L. 1979. Agronomic performance and protein content of fall-planted triticale, wheat, and rye. *Agronomy Journal*, 71(2): 359-360.
- Blakeney, A. B., Harris, P. J., Henry, R. J. and Stone, B. A. 1983. A Simple and Rapid Preparation of Alditol Acetates for Monosaccharide Analysis. *Carbohydrate Research*, 113:291-299.
- Blundell, J. E. 1999. The control of appetite: basic concepts and practical implications. *Schweizerische Medizinische Wochenschrift*, 129(5): 182-188.
- Boz, H. 2015. Tahıllarda arabinoksilanlar. *Gıda/The Journal of FOOD*, 40(6).
- Brownlee, I. A. 2011. The physiological roles of dietary fibre. *Food Hydrocolloids*, 25(2): 238-250.
- Buksa, K., Nowotna, A., Praznik, W., Gambuś, H., Ziobro, R. and Krawontka, J. 2010. The role of pentosans and starch in baking of wholemeal rye bread. *Food Research International*, 43(8), 2045-2051.
- Buksa, K., Nowotna, A., Ziobro, R., Gambuś, H. and Kowalski, S. 2012. The influence of oxidizing agents on water extracts of rye flour. *Food hydrocolloids*, 27(1), 72-79.
- Buksa, K., Ziobro, R., Nowotna, A. and Gambuś, H. 2013. The influence of native and modified arabinoxylan preparations on baking properties of rye flour. *Journal of Cereal Science*, 58(1): 23-30.
- Buksa, K., Nowotna, A., Ziobro, R. and Praznik, W. 2014. Molecular properties of arabinoxylan fractions isolated from rye grain of different quality. *Journal of Cereal Science*, 60(2): 368-373.
- Bushuk, W. 1976. *Rye: Production, Chemistry and Technology*. St. Paul, MN: American Association of Cereal Chemists.
- Bushuk, W. 2004. *Rye*. University of Manitoba, Winnipeg, MB, Canada. 85.
- Capuano, E., Ferrigno, A., Acampa, I., Ait-Ameur, L. and Fogliano, V. 2008. Characterization of the Maillard reaction in bread crisps. *European Food Research and Technology*, 228(2): 311-319.
- Carena, M.J. 2009. *Cerals*, Springer, New York.
- Center, W.M. 2008. *Wheat And Flour Testing Methods: A Guide to Understanding Wheat and Flour Quality*, Version 2. Kansas State University.
- Codex Alimentarius, 2010. Guidelines on nutrition labelling CAC/GL 2-1985 as last amended 2010. Joint FAO/WHO Food Standards Programme, Secretariat of the Codex Alimentarius Commission, FAO, Rome.

- Courtin, C. M. and Delcour, J. A. 2002. Arabinoxylans and endoxylanases in wheat flour bread-making. *Journal of Cereal Science*, 35(3): 225-243.
- Crosbie, G. B. and Ross, A. S. 2007. RVA Handbook. AACC International.
- EFSA, 2010. Scientific opinion on dietary reference values for carbohydrates and dietary fibre. *EFSA Journal*, 8 (3), 1462.
- Fabritius, M., Gates, F., Salovaara, H. and Autio, K. 1997. Structural changes in insoluble cell walls in wholemeal rye doughs. *LWT-Food Science and Technology*, 30(4): 367-372.
- Finnie, S., M., Bettge, A. D. and Morris, C. F. 2006. Influence of Cultivar and Environment on Water-Soluble and Water-Insoluble Arabinoxylans in Soft Wheat. *Cereal Chemistry*, 83(6), 617-623.
- Foschia, M., Peressini, D., Sensidoni, A. and Brennan, C. S. 2013. The effects of dietary fibre addition on the quality of common cereal products. *Journal of Cereal Science*, 58(2): 216-227.
- Frølich, W., Åman, P. and Tetens, I. 2013. Whole grain foods and health-a Scandinavian perspective. *Food and Nutrition Research*, 57.
- Geçit, H.H., Çiftçi, C. Y., Emekliler, H. Y., İkincikarakaya, S. and Adak, M. S. 2011. Tarla bitkileri (Düzeltilmiş İkinci Baskı). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 189-190.
- GIPSA U. 2006. Grain inspection handbook, book II, Grain grading procedures. US
- GIPSA-FGIS, 2013. Grain grading procedures in: grain inspection handbook: Book II. USDA, ed: Washington D.C.
- Gomand, S. V., Verwimp, T., Goesart, H. and Delcour, J. A. 2011. Structural and physicochemical characterisation of rye starch. *Carbohydrate Research*, 346(17): 2727-2735.
- Gräber, S. 1999. Influence of enzyme treatment on the rheology of rye doughs. *Molecular Nutrition and Food Research*, 43(4): 249-252.
- Hansen, H. B., Andreasen, M., Nielsen, M., Larsen, L., Knudsen, B. K., Meyer, A. and Christensen, L. 2002. Changes in dietary fibre, phenolic acids and activity of endogenous enzymes during rye bread-making. *European Food Research and Technology*, 214(1), 33-42.
- Hansen, H. B., Møller, B., Andersen, S. B., Jørgensen, J. R. and Hansen, Å. 2004. Grain characteristics, chemical composition, and functional properties of rye (*Secale cereale* L.) as influenced by genotype and harvest year. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(8): 2282-2291.
- Hartl, W., Putz, B. and Erhart, E. 2003. Influence of rates and timing of biowaste compost application on rye yield and soil nitrate levels. *European Journal of Soil Biology*, 39(3): 129-139.
- Henry, R. J. and Kettlewell, P. S. 1996. Cereal Grain Quality. 2-6 Boundary Row, London SE1 8HN, UK: Chapman and Hall.

- Hui, Y. H., 2006. Food biochemistry and food processing, blackwell publishing, Ames, Iowa.
- Izydorczyk, M. S. and Biliaderis, C. G. 1995. Cereal arabinoxylans: advances in structure and physicochemical properties. *Carbohydrate Polymers*, 28(1): 33-48.
- Izydorczyk, M. S. and Dexter, J. E. 2008. Barley  $\beta$ -glucans and arabinoxylans: Molecular structure, physicochemical properties, and uses in food products—a Review. *Food Research International*, 41(9): 850-868.
- Karhunen, L. J., Juvonen, K. R., Huotari, A., Purhonen, A. K. and Herzig, K. H. 2008. Effect of protein, fat, carbohydrate and fibre on gastrointestinal peptide release in humans. *Regulatory peptides*, 149(1): 70-78.
- Karpinnen, S., Myllymaki, O., Forssell, P. and Pautanen, K. 2003. Fructan content of rye and rye products. *Cereal Chemistry*, 80(2): 168.
- Kendall, C. W., Esfahani, A. and Jenkins, D. J. 2010. The link between dietary fibre and human health. *Food Hydrocolloids*, 24(1): 42-48.
- Koehler, P. and Wieser, H. 2013. Chemistry of cereal grains. In handbook on sourdough biotechnology (pp. 11-45). Springer US.
- Kuhn, M. C. and Grosch, W. 1989. Baking functionality of reconstituted rye flours having different nonstarchy polysaccharide and starch contents. *Cereal Chemistry* (USA).
- Kujala, T. 2006. Rye and health. *Viitattu*, 11, 1-32.
- Lafiandra, D., Riccardi, G. and Shewry, P. R. 2014. Improving cereal grain carbohydrates for diet and health. *Journal of Cereal Science*, 59(3): 312-326.
- Lasztity, R. 1999. Cereal Chemistry, Akademiai Kiado, Budapest, 139-167.
- Mendis, M. and Simsek, S. 2015. Production of structurally diverse wheat arabinoxylan hydrolyzates using combinations of xylanase and arabinofuranosidase. *Carbohydrate Polymers* 132:452-459.
- Nilsson, M., Saulnier, L., Andersson, R. and Åman, P. 1996. Water unextractable polysaccharides from three milling fractions of rye grain. *Carbohydrate Polymers*, 30(4): 229-237.
- Nilsson, M., Åman, P., Härkönen, H., Hallmans, G., Knudsen, K. E. B., Mazur, W. and Adlercreutz, H. 1997a. Nutrient and lignan content, dough properties and baking performance of rye samples used in Scandinavia. *Acta Agriculturae Scandinavica B—Plant Soil Sciences*, 47(1): 26-34.
- Nilsson, M., Åman, P., Härkönen, H., Hallmans, G., Knudsen, K. E. B., Mazur, W. and Adlercreutz, H. 1997b. Content of nutrients and lignans in roller milled fractions of rye. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 73(2): 143-148.
- Nilsson, M., Andersson, R., Andersson, R. E., Autio, K. and Åman, P. 2000. Heterogeneity in a water-extractable rye arabinoxylan with a low degree of disubstitution. *Carbohydrate Polymers*, 41(4): 397-405.
- Nyström, L., Lampi, A. M., Andersson, A. A., Kamal-Eldin, A., Gebruers, K., Courtin, C. M. and Boros, D. 2008. Phytochemicals and dietary fiber components in rye

- varieties in the HEALTHGRAIN diversity screen. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(21): 9758-9766.
- Özkaya, H. ve Özkaya, B. 2005. Ögütme teknolojisi. *Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları*, 256.
- Paturi, M., Tapanainen, H., Reivivuo, H. and Pietinen, P. 2008. Finravinto 2007-Tutkimus- The national findiet 2007 Survey. National Public Health Institute, Helsinki, Finland.
- Pautanen, K. and Aman, P. 2014. Rye and health. St. Paul, MN: AACC International, Inc.
- Purlis, E. 2010. Browning development in bakery products—A review. *Journal of Food Engineering*, 99(3): 239-249.
- Ragae S and Abdel-Aal E S. M. 200. Pasting properties of starch and protein in selected cereals and quality of their food products. *Food chemistry*, 95(1), 9-18.
- Rakha, A., Aman, P. and Andersson, R. 2011. How does the preparation of rye porridge affect molecular weight distribution of extractable dietary fibers? *International Journal of Molecular Sciences*, 12 (5): 3381-3393.
- Repeckiene, A., Eliasson, A. C., Juodeikiene, G. and Gunnarsson, E. 200. Predicting baking performance from rheological and adhesive properties of rye meal suspensions during heating. *Cereal Chemistry*, 78(2): 193-199.
- Ritter, R. C. 2004. Gastrointestinal mechanisms of satiation for food. *Physiology and Behavior*, 81(2): 249-273.
- Rolls, B. J. 2009. The relationship between dietary energy density and energy intake. *Physiology and Behavior*, 97(5): 609-615.
- Shewry, P. R., Piironen, V., Lampi, A. M., Edelmann, M., Kariluoto, S., Nurmi, T. and Boros, D. 2010. Effects of genotype and environment on the content and composition of phytochemicals and dietary fiber components in rye in the HEALTHGRAIN diversity screen. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(17): 9372-9383.
- Saldamlı, B. 2014. Gıda Kimyası. Hacettepe Üniversitesi Yayınları. Ankara.
- Slavin, J. and Green, H. 2007. Dietary fibre and satiety. *Nutrition Bulletin*, 32(s1): 32-42.
- Thompson, R. A. and Isaacs, G. W. 1967. Porosity determination of grains and seeds with air comparison pycnometer. *Transactions of the ASAE*, 10(5): 693-696.
- Topal, A., Sade, B., Soylu, S., Akar, T., Mut, Z., Ayrancı, R., Sayım, İ., Özkan, İ. ve Yılmazkart, M. 2015. Ulusal Hububat Konseyi. Arpa-Çavdar-Yulaf-Tritikale Raporu.
- Verwimp, T., Vandeputte, G. E., Marrant, K. and Delcour, J. A. 2004. Isolation and characterisation of rye starch. *Journal of Cereal Science*, 39(1): 85-90.
- Vinx, C. J. A. and Delcour, J. A. 1996. Rye (*Secale cereale*.) Arabinoxylans: A Critical Review. *Journal of Cereal Science*, 24(1): 1-14.

Wannerberger L., Eliasson A. C. and Sindberg A. 1997. Interfacial behaviour of secalin and rye flour-milling streams in comparison with gliadin. *Journal of Cereal Science*, 25(3): 243-252

Weipert, D. (1997). Processing performance of rye as compared to wheat. *Cereal Foods World*, 42(8): 706-712.



**EKLER****EK A. ÇAVDAR UNU ÖRNEKLERİNİN ÇİRİŞLENME ÖZELLİKLERİ****Çizelge A.1. Çalışmada kullanılan 19 farklı çavdar çeşiti ve bölgelere göre çavdar unlarının çirişlenme özellikleri**

Bölge	Çeşit	Maksimum Viskozite cP	Sıcak Çirişlenme Viskozitesi cP	Breakdown cP	Final Viskozite cP	Setback cP	Maksimum Zamanı min	Çirişlenme Sıcaklığı °C
St Paul	Akusti	997.67	387.00	610.67	856.00	469.00	4.87	68.18
	Aroostook	1309.67	895.67	414.00	1920.67	1025.00	5.62	68.28
	Dukato	989.00	393.67	595.33	867.33	473.67	4.78	67.72
	Elbon	1044.67	727.67	317.00	1556.33	828.67	5.56	67.72
	Hazlet	1396.33	712.00	684.33	1515.33	803.33	5.16	68.00
	KWS Bono	2300.67	1448.67	852.00	2974.00	1525.33	5.49	67.77
	KWS Brasetto	2441.00	1459.00	982.00	2922.33	1463.33	5.47	68.05
	KWS Guttino	3006.33	1907.00	1099.33	3668.00	1761.00	5.62	67.47
	Musketeer	1382.00	711.67	670.33	1529.00	817.33	5.04	68.55
	Oklon	1292.00	945.00	347.00	1974.33	1029.33	5.64	67.70
	Prima	1738.33	957.67	780.67	1979.33	1021.67	5.27	67.18
	Rymin	1101.00	474.33	626.67	1045.33	571.00	4.96	68.05
	Spooner	1332.33	623.33	709.00	1317.33	694.00	5.16	68.25
	SU Cossani	2101.67	1323.00	778.67	2689.00	1366.00	5.47	67.53
	SU Forsetti	2204.33	1229.00	975.33	2338.00	1109.00	5.13	68.28
	SU Memphisto	1775.33	1142.67	632.67	2437.33	1294.67	5.31	66.87
	SU Performer	2749.00	1779.33	969.67	3467.67	1688.33	5.60	67.70
	Tulus	360.67	49.00	311.67	97.33	48.33	3.44	69.87
	Wheeler	919.00	390.67	528.33	851.33	460.67	4.98	67.95

**Çizelge A.1. (Devam) Çalışmada kullanılan 19 farklı çavdar çeşiti ve bölgelere göre çavdar unlarının çirilenme özellikleri**

Bölge	Çeşit	Maksimum Viskozite cP	Sıcak Çirilenme Viskozitesi cP	Breakdown cP	Final Viskozite cP	Setback cP	Maksimum Zamanı min	Çirilenme Sıcaklığı °C
	<b>Akusti</b>	1408.00	733.00	675.00	1555.67	822.67	5.16	69.35
	<b>Aroostook</b>	1579.33	1170.67	408.67	2416.00	1245.33	5.78	74.23
	<b>Dukato</b>	1327.00	614.33	712.67	1312.67	698.33	5.02	69.63
	<b>Elbon</b>	1327.67	1032.67	295.00	2120.67	1088.00	5.82	78.50
	<b>Hazlet</b>	1407.67	735.67	672.00	1562.00	826.33	5.11	69.37
	<b>KWS Bono</b>	2047.33	1417.00	630.33	2801.33	1384.33	5.67	70.10
	<b>KWS Brasetto</b>	2052.67	1364.33	688.33	2755.33	1391.00	5.49	69.58
	<b>KWS Guttino</b>	2795.33	1911.00	884.33	3644.67	1733.67	5.62	68.90
	<b>Musketeer</b>	1420.67	698.33	722.33	1476.33	778.00	5.07	69.83
<b>Lamberton</b>	<b>Oklon</b>	1471.33	1155.00	316.33	2373.00	1218.00	5.82	78.83
	<b>Prima</b>	1407.00	657.00	750.00	1397.00	740.00	5.04	69.32
	<b>Rymin</b>	1401.00	737.33	663.67	1574.00	836.67	5.18	69.57
	<b>Spooner</b>	1282.67	621.33	661.33	1327.00	705.67	5.07	69.62
	<b>SU Cossani</b>	1995.67	1415.67	580.00	2901.00	1485.33	5.58	69.38
	<b>SU Forsetti</b>	2398.33	1443.67	954.67	2886.67	1443.00	5.49	69.08
	<b>SU Memphisto</b>	2117.33	1583.00	534.33	3236.67	1653.67	5.71	68.80
	<b>SU Performer</b>	2703.33	1755.00	948.33	3362.67	1607.67	5.71	69.10
	<b>Tulus</b>	299.67	43.00	256.67	75.00	32.00	3.53	71.22
	<b>Wheeler</b>	845.33	285.00	560.33	630.00	345.00	4.89	69.90

**Çizelge A.1. (Devam) Çalışmada kullanılan 19 farklı çavdar çeşiti ve bölgelere göre çavdar unlarının çirilenme özellikleri**

Bölge	Çeşit	Maksimum Viskozite cP	Sıcak Çirilenme Viskozitesi cP	Breakdown cP	Final Viskozite cP	Setback cP	Maksimum Zamanı min	Çirilenme Sıcaklığı °C
Crookston	Akusti	1366.00	437.33	928.67	916.33	479.00	4.73	66.35
	Aroostook	1498.00	839.67	658.33	1721.33	881.67	5.33	66.58
	Dukato	1365.67	438.00	927.67	918.00	480.00	4.67	65.85
	Elbon	1287.33	760.00	527.33	1580.00	820.00	5.31	67.15
	Hazlet	1420.33	546.00	874.33	1150.33	604.33	4.80	66.27
	KWS Bono	2621.33	1554.67	1066.67	3033.00	1478.33	5.44	66.03
	KWS Brasetto	2908.33	1793.33	1115.00	3392.67	1599.33	5.42	67.43
	KWS Guttino	3289.00	2149.00	1140.00	3940.67	1791.67	5.56	66.30
	Musketeer	1398.67	360.67	1038.00	773.67	413.00	4.60	62.82
	Oklon	1575.67	908.33	667.33	1880.00	971.67	5.33	66.65
	Prima	1442.67	445.33	997.33	931.67	486.33	4.78	66.90
	Rymin	1382.33	458.33	924.00	946.00	487.67	4.73	66.35
	Spooner	1169.33	324.00	845.33	674.33	350.33	4.64	65.98
	SU Cossani	2367.33	1437.33	930.00	2862.00	1424.67	5.33	66.32
	SU Forsetti	2715.33	1384.00	1331.33	2693.33	1309.33	5.16	67.00
	SU Memphisto	2286.67	1542.00	744.67	3073.67	1531.67	5.42	65.68
	SU Performer	2799.00	1614.00	1185.00	3074.33	1460.33	5.38	67.15
	Tulus	827.33	220.67	606.67	502.67	282.00	4.71	76.32
	Wheeler	877.33	287.67	589.67	610.67	323.00	4.87	67.15

**Çizelge A.1. (Devam) Çalışmada kullanılan 19 farklı çavdar çeşiti ve bölgelere göre çavdar unlarının çirşlenme özellikleri**

Bölge	Çeşit	Maksimum Viskozite cP	Sıcak Çirşlenme Viskozitesi cP	Breakdown cP	Final Viskozite cP	Setback cP	Maksimum Zamanı min	Çirşlenme Sıcaklığı °C
LeCenter	Akusti	1677.33	895.67	781.67	1846.67	951.00	5.18	62.18
	Aroostook	1174.33	704.00	470.33	1502.00	798.00	5.42	72.80
	Dukato	1573.67	838.67	735.00	1747.00	908.33	5.20	68.02
	Elbon	1327.67	888.33	439.33	1830.33	942.00	5.69	68.58
	Hazlet	1469.00	778.67	690.33	1645.33	866.67	5.16	62.85
	KWS Bono	2543.33	1645.67	897.67	3141.33	1495.67	5.67	67.48
	KWS Brasetto	2594.67	1632.00	962.67	3031.00	1399.00	5.47	68.23
	KWS Guttino	2762.33	1763.67	998.67	3316.67	1553.00	5.58	67.47
	Musketeer	1535.00	726.33	808.67	1496.33	770.00	5.18	67.98
	Oklon	1425.67	967.67	458.00	1989.33	1021.67	5.76	68.53
	Prima	1906.00	1024.00	882.00	2085.33	1061.33	5.38	67.75
	Rymin	1600.00	790.67	809.33	1650.33	859.67	5.20	67.22
	Spooner	1402.67	619.67	783.00	1294.67	675.00	5.11	68.02
	SU Cossani	2313.67	1458.00	855.67	2879.67	1421.67	5.49	61.90
	SU Forsetti	2886.00	1804.33	1081.67	3339.33	1535.00	5.56	68.03
	SU Memphisto	2279.67	1596.67	683.00	3107.33	1510.67	5.56	66.92
	SU Performer	3004.67	1953.67	1051.00	3649.00	1695.33	5.60	68.00
	Tulus	389.00	51.00	338.00	99.67	48.67	3.56	67.75
	Wheeler	1032.33	427.33	605.00	909.00	481.67	5.07	67.83

**Çizelge A.1. (Devam) Çalışmada kullanılan 19 farklı çavdar çeşiti ve bölgelere göre çavdar unlarının çirşlenme özellikleri**

Bölge	Çeşit	Maksimum Viskozite cP	Sıcak Çirşlenme Viskozitesi cP	Breakdown cP	Final Viskozite cP	Setback cP	Maksimum Zamanı min	Çirşlenme Sıcaklığı °C
Kimball	Akusti	1420.67	563.67	857.00	1173.33	609.67	5.00	68.75
	Aroostook	1353.00	754.00	599.00	1598.67	844.67	5.36	69.63
	Dukato	1166.00	388.67	777.33	840.00	451.33	4.82	68.50
	Elbon	1448.33	946.67	501.67	1923.00	976.33	5.80	74.75
	Hazlet	1373.00	604.00	769.00	1302.00	698.00	5.09	68.50
	KWS Bono	2184.33	1325.67	858.67	2663.67	1338.00	5.64	68.55
	KWS Brasetto	2477.00	1499.67	977.33	2932.00	1432.33	5.64	68.83
	KWS Guttino	2792.00	1845.67	946.33	3420.33	1574.67	5.84	67.97
	Musketeer	1479.33	573.33	906.00	1204.00	630.67	5.04	68.55
	Oklon	1470.33	961.00	509.33	1952.67	991.67	5.73	69.67
	Prima	1754.00	767.33	986.67	1599.00	831.67	5.29	68.83
	Rymin	1534.67	669.00	865.67	1413.33	744.33	5.09	68.30
	Spooner	892.33	170.33	722.00	358.33	188.00	4.22	68.33
	SU Cossani	2329.33	1451.67	877.67	2823.67	1372.00	5.71	67.98
	SU Forsetti	2908.67	1757.67	1151.00	3320.00	1562.33	5.71	68.53
	SU Memphisto	2228.67	1529.33	699.33	2982.00	1452.67	5.89	67.73
	SU Performer	2980.33	1876.33	1104.00	3420.67	1544.33	5.89	68.48
	Tulus	390.67	47.33	343.33	80.33	33.00	3.67	70.75
	Wheeler	860.67	260.67	600.00	569.67	309.00	4.82	68.50
<b>LSD (P&lt;0.05)</b>		380.71	304.16	145.15	557.05	259.78	0.33	3.96

## EK B. ÖRNEKLERİN ARABİNOKSİLAN İÇERİĞİ VE ARABİNOZ/KSİLOZ ORANI

Çizelge B.1. Çalışmada kullanılan 19 farklı çavdar çeşiti ve bölgelere göre arabinoksilan içeriği ve arabinoz/ksiloz oranı

Bölge	Çeşit	Arabinoksilan (%)	Arabinoz/Ksiloz
St Paul	Akusti	7.58	0.77
	Aroostook	8.67	0.81
	Dukato	7.93	0.75
	Elbon	7.81	0.79
	Hazlet	7.60	0.73
	KWS Bono	8.04	0.80
	KWS Brasetto	7.37	0.76
	KWS Guttino	8.53	0.72
	Musketeer	7.57	0.80
	Oklon	9.07	0.78
	Prima	7.39	0.75
	Rymin	7.11	0.77
	Spooner	6.79	0.84
	SU Cossani	7.72	0.74
	SU Forsetti	7.27	0.78
	SU Memphisto	6.78	0.79
	SU Performer	7.33	0.72
	Tulus	7.22	0.78
	Wheeler	7.10	0.77

Çizelge B.1. (Devamı) Çalışmada kullanılan 19 farklı çavdar çeşiti ve bölgelere göre arabinoksilan içeriği ve arabinoz/ksiloz oranı

Bölge	Çeşit	Arabinoksilan (%)	Arabinoz/Ksiloz
Lamberton	Akusti	7.72	0.73
	Aroostook	9.19	0.72
	Dukato	8.36	0.74
	Elbon	7.19	0.77
	Hazlet	6.97	0.72
	KWS Bono	7.91	0.76
	KWS Brasetto	7.42	0.75
	KWS Guttino	8.40	0.69
	Musketeer	7.20	0.76
	Oklon	9.46	0.75
	Prima	7.60	0.71
	Rymin	7.06	0.75
	Spooner	7.68	0.75
	SU Cossani	7.85	0.71
	SU Forsetti	9.49	0.67
	SU Memphisto	8.27	0.73
	SU Performer	7.43	0.74
	Tulus	5.89	0.81
	Wheeler	6.97	0.80

**Çizelge B.1. (Devamı) Çalışmada kullanılan 19 farklı çavdar çeşiti ve bölgelere göre arabinoksilan içeriği ve arabinoz/ksiloz oranı**

Bölge	Çeşit	Arabinoksilan (%)	Arabinoz/Ksiloz
Crookston	Akusti	6.97	0.80
	Aroostook	8.87	0.77
	Dukato	7.10	0.75
	Elbon	7.76	0.81
	Hazlet	6.94	0.73
	KWS Bono	8.57	0.74
	KWS Brasetto	7.18	0.75
	KWS Guttino	8.28	0.76
	Musketeer	8.09	0.77
	Oklon	7.75	0.79
	Prima	8.03	0.76
	Rymin	7.47	0.75
	Spooner	7.64	0.76
	SU Cossani	7.18	0.76
	SU Forsetti	7.10	0.74
	SU Memphisto	5.93	0.73
	SU Performer	8.17	0.79
	Tulus	6.32	0.81
	Wheeler	7.80	0.78

**Çizelge B.1. (Devamı) Çalışmada kullanılan 19 farklı çavdar çeşiti ve bölgelere göre arabinoksilan içeriği ve arabinoz/ksiloz oranı**

Bölge	Çeşit	Arabinoksilan (%)	Arabinoz/Ksiloz
Le Center	Akusti	7.28	0.76
	Aroostook	7.92	0.76
	Dukato	7.41	0.75
	Elbon	8.19	0.78
	Hazlet	6.92	0.71
	KWS Bono	8.57	0.76
	KWS Brasetto	7.08	0.76
	KWS Guttino	8.02	0.73
	Musketeer	7.84	0.74
	Oklon	8.63	0.79
	Prima	7.88	0.74
	Rymin	7.30	0.77
	Spooner	7.31	0.78
	SU Cossani	7.61	0.74
	SU Forsetti	7.18	0.75
	SU Memphisto	6.56	0.76
	SU Performer	8.28	0.73
	Tulus	5.52	0.75
	Wheeler	7.68	0.80

**Çizelge B.1. (Devamı) Çalışmada kullanılan 19 farklı çavdar çeşiti ve bölgelere göre arabinoksilan içeriği ve arabinoz/ksiloz oranı**

<b>Bölge</b>	<b>Çeşit</b>	<b>Arabinoksilan (%)</b>	<b>Arabinoz/Ksiloz</b>
<b>Kimball</b>	<b>Akusti</b>	9.07	0.74
	<b>Aroostook</b>	8.04	0.73
	<b>Dukato</b>	7.93	0.77
	<b>Elbon</b>	7.37	0.82
	<b>Hazlet</b>	7.06	0.74
	<b>KWS Bono</b>	8.24	0.74
	<b>KWS Brasetto</b>	8.21	0.73
	<b>KWS Guttino</b>	8.22	0.76
	<b>Musketeer</b>	8.17	0.79
	<b>Oklon</b>	9.23	0.78
	<b>Prima</b>	7.82	0.73
	<b>Rymin</b>	7.35	0.71
	<b>Spooner</b>	8.35	0.79
	<b>SU Cossani</b>	9.06	0.73
	<b>SU Forsetti</b>	7.80	0.68
	<b>SU Memphisto</b>	7.29	0.73
	<b>SU Performer</b>	8.06	0.73
	<b>Tulus</b>	6.26	0.75
	<b>Wheeler</b>	7.89	0.76
	<b>LSD (P&lt;0.05)</b>	0.67	0.05



**EK C. TM EKMEK ÖRNEKLERİNE AİT KESİT FOTOĞRAFLARI**



Şekil C.1. St Paul bölgesine ait örnekler



Şekil C.2. Crookston bölgesine ait örnekler



Şekil C.3. Le Center bölgesine ait örnekler



Şekil C.4. Kimball bölgesine ait örnekler

## ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Başak KÜÇÜK  
Doğum Yeri : Fatsa  
Doğum Tarihi : 12.07.1990  
Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu	
Lise	Fatsa Anadolu Lisesi (2008)
Lisans	Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği (2014)

Yüksek Lisans: Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Bilimleri Anabilim Dalı (Ocak 2015-Devam Ediyor)

### Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

Avrasya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Araştırma Görevlisi (Ekim 2015-Ekim 2016)

North Dakota State University Plant Science Department Misafir Araştırmacı (Ocak 2017-Temmuz 2017)

### Yayımlar

Küçük, B., Wiersma, J. J., Con, A. H., Simsek, S., “Effect of Genotype and Environment on Rye Kernel Quality,” ND EPSCoR State Conference, Fargo, USA, 2017 (Poster Sunumu).

Soncu, E., Haskaraca, G., Kılıç, E., Küçük, B., Şahin, S. S., Yılmaz, H. S., Kolsarıcı, N., “Green Tea Extract as a Natural Antioxidant to Retard Lipid Oxidation in İnegöl Meatball During Refrigerated Storage” The 3<sup>th</sup> International Symposium on Traditional Foods from Adriatic to Causacus, Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, 2015 (Poster Sunumu).