

**BUĞDAYIN FARKLI SICAKLIK VE SÜRELERDE
TAVLANMASININ UNUN BAZI ÖZELLİKLERİ
ÜZERİNE ETKİSİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Kimya. Müh. M. Kerem SÜNTER
506991083**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 05 Mayıs 2003
Tezin Savunulduğu Tarih : 28 Mayıs 2003**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. M. Hikmet BOYACIOĞLU (İTÜ)
Diğer Jüri Üyeleri Prof. Dr. Nuran DEVECİ (İTÜ)
Yrd. Doç. Dr. Gürbüz GÜNEŞ (İTÜ)**

Haziran 2003

ÖNSÖZ

Günümüzde insanların tüketim alışkanlıklarının değişmesi ve dünyanın globalleşmesi, sürekli olarak yeni ürünlerin gelişimine yol açmaktadır. Yine de buğday ve dolayısıyla un eskilerden beri kullanılan bir gıda olarak gözden düşmemiştir. Buğdaydan bulgur, un ve irmikten makarna, ekmek gibi önemli ana tüketim maddeleri üretilmektedir.

Dünya buğday üretimi 1965’den bu yana önemli derecede artmıştır. 1960-64 yıllarında ortalama 232 milyon ton olan dünya üretimi 2000/01 hasat yılında 577 milyon tona ulaşmıştır. Bu artışa azot gübrelemesi ve yüksek verimli çeşitlerin geliştirilmesi önemli katkıda bulunmuştur. Dünyanın başlıca buğday üreticileri Çin, Avrupa Birliği, ABD, Rusya, Kanada, Arjantin ve Avustralya’dır. Ülkemiz ise yılda 20 milyon tonluk buğday üretimine karşın, uygulanan yanlış politikalar sonucu dünya buğday ticaretinde söz sahibi olamamaktadır. Buna karşın değirmencilik sektörü yeni pazarların oluşumuna bağlı olarak önemli gelişmeler göstermiştir.

Bu tezin hazırlanması sırasında laboratuvar cihazlarının kullanımında bana olanak sağlayan POLEN Gıda San. ve Tic. Ltd.Ş.’ne, fikir ve katkılarından dolayı anneme ve bu tezin hazırlanmasında gösterdikleri anlayış ve destekle bana yardımcı olan değerli hocalarım Sayın Prof. Dr. M. Hikmet BOYACIOĞLU’na ve Sayın Prof. Dr. Dilek BOYACIOĞLU’na çok teşekkür ederim.

Mayıs 2003

Mahmut Kerem SÜNTER

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	ii
İÇİNDEKİLER	iii
TABLO LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vi
ÖZET	vii
SUMMARY	ix
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ	3
2.1. Genel Bilgiler	3
2.2. Tavlamanın Esasları	4
2.3. Tavlamayı Etkileyen Faktörler	5
2.3.1. Su	5
2.3.2. Sıcaklık	6
2.3.3. Süre	7
2.4. Tavlamanın Etki Mekanizması	7
2.5. Optimum Tane Suyunun Sağlanması	9
2.5.1. Kurutarak Optimum Tane Suyunun Sağlanması	9
2.5.2. Su Vererek Optimum Tane Suyunun Sağlanması	9
2.5.2.1. Yıkama İşlemiyle Su Optimizasyonu	9
2.5.2.2. Paçal İşlemiyle Su Optimizasyonu	9
2.5.2.3. Su Verme Düzenleriyle Su Optimizasyonu	10
2.6. Islatılmış Buğdayın Dinlendirilmesi	10
2.7. Buğday Tavlama Yöntemleri	11
2.7.1. Paçal Yoluyla Tavlama	11
2.7.2. Soğuk Tavlama	11
2.7.3. Ilık Tavlama	12
2.7.4. Sıcak Tavlama	13
2.7.5. Buharla Tavlama	15
2.7.5.1. Normal Şartlar Altında Buharla Tavlama	15
2.7.5.2. Düşük Basınç Altında Buharla Tavlama	16
2.7.6. Diğer İşlemler	16
2.8. Nem Miktarının Düzeyi	16
2.9. Suyun Tane İçinde Dağılımı	18
2.10. Tane Boyutunun Etkisi	18
2.11. Modern Yöntemler	20
3. MATERYAL VE METOTLAR	21
3.1. Materyal	21
3.2. Metotlar	21
3.2.1. Kimyasal Analizler	21
3.2.2. Fiziksel Analizler	21

3.2.2.1. Hektolitre Ağırlığı, Bin Tane Ağırlığı, Nem ve Kül Miktarı	21
3.2.2.2. Tane Boyutu	22
3.2.2.3. Farinograf Denemesi	22
3.2.2.4. Ekstensograf Denemesi	22
3.2.3. İstatistiksel Analiz	22
4. BULGULAR VE SONUÇLAR	23
4.1. Buğdayda Bulgular ve Sonuçlar	23
4.1.1. Hektolitre Ağırlığı	23
4.1.2. Bin Tane Ağırlığı	23
4.1.3. Nem Miktarı	24
4.1.4. Kül Miktarı	24
4.1.5. Tane Boyutu	24
4.2. Unda Bulgular ve Sonuçlar	25
4.2.1. Un Verimi	25
4.2.2. Kimyasal Analizler	26
4.2.2.1. Nem Miktarı	26
4.2.2.2. Kül Miktarı	28
4.2.2.3. Düşme Sayısı	29
4.2.2.4. Protein Miktarı	30
4.2.2.5. Yaş Gluten ve Gluten İndeks-GI	31
4.2.2.6. Sedimentasyon-Uzatılmış Sedimentasyon	32
4.2.3. Fiziksel Hamur Denemeleri	33
4.2.3.1. Farinograf	33
4.2.3.2. Ekstensograf	37
5. TARTIŞMA	41
5.1. Un Verimi	41
5.2. Kimyasal Analizler	42
5.2.1. Nem Miktarı	42
5.2.2. Kül Miktarı	43
5.2.3. Düşme Sayısı	44
5.2.4. Protein Miktarı	44
5.2.5. Yaş Gluten ve Gluten İndeks-GI	45
5.2.6. Sedimentasyon-Uzatılmış Sedimentasyon	45
5.3. Fiziksel Hamur Denemeleri	46
5.3.1. Farinograf	46
5.3.2. Ekstensograf	47
6. SONUÇLAR	51
KAYNAKLAR	53
EKLER	58
ÖZGEÇMİŞ	64

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1. Optimum Öğütme Nem Miktarları	4
Tablo 2.2. Kepek ve Endospermin Nem Miktarları	8
Tablo 2.3. Buharla Tavlama Sıcaklık Normu Tavsiyeleri	15
Tablo 4.1. Buğday Örneklerinin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri	23
Tablo 4.2. Buğday Örneklerinin Tane Boyutu Dağılımı	24
Tablo 4.3. Soğuk ve Sıcak Tavlama Un Verimi	26
Tablo 4.4. Soğuk Tavlamanın Unun Kimyasal Özelliklerine Etkisi	27
Tablo 4.5. Sıcak Tavlamanın Unun Kimyasal Özelliklerine Etkisi	27
Tablo 4.6. Soğuk Tavlamanın Hamurun Farinogram Özelliklerine Etkisi	34
Tablo 4.7. Sıcak Tavlamanın Hamurun Farinogram Özelliklerine Etkisi	34
Tablo 4.8. Bazı Avustralya Buğday Çeşitlerinin Reolojik Özellikleri	36
Tablo 4.9. Soğuk Tavlamanın Hamurun Ekstensogram Özelliklerine Etkisi ...	38
Tablo 4.10. Sıcak Tavlamanın Hamurun Ekstensogram Özelliklerine Etkisi	39
Tablo 5.1. Un Verimi	42
Tablo 5.2. Unun Kimyasal Özellikleri	43
Tablo 5.3. Farinogram Sonuçları	46
Tablo 5.4. Ekstensogram Sonuçları	49
Tablo 5.5. Tavlama Parametrelerinin Etkileri	50

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1. Buğday Tavlama Sisteminde Akış	11
Şekil 4.1. Un Veriminin Tavlama Süreleriyle Değişimi	26
Şekil 4.2. Nem Miktarının Tavlama Süreleriyle Değişimi	28
Şekil 4.3. Kül Miktarının Tavlama Süreleriyle Değişimi	28
Şekil 4.4. Düşme Sayısının Tavlama Süreleriyle Değişimi	29
Şekil 4.5. Protein Miktarının Tavlama Süreleriyle Değişimi	30
Şekil 4.6. Yaş Gluten Miktarının Tavlama Süreleriyle Değişimi	31
Şekil 4.7. Gluten İndeksin Tavlama Süreleriyle Değişimi	32
Şekil 4.8. Sedimentasyon ve Uzatılmış Sedimentasyonun Tavlama Süreleriyle Değişimi	33
Şekil 4.9. Farinograf-Su Kaldırma Miktarının Tavlama Süreleriyle Değişimi	35
Şekil 4.10. Ekstensograf-Enerji Değerinin Tavlama Süreleriyle Değişimi	40

BUĞDAYIN FARKLI SICAKLIK VE SÜRELERDE TAVLANMASININ UNUN BAZI ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

ÖZET

Buğdayın öğütmeden önce tavllanması değirmencilikte önemli aşamalardan birisidir. Hatta bu proses ilk gıda işleme yöntemlerinden biri de sayılabilir. Değirmenci, buğdayın kalitesinden ilk etkilenen kişidir. Değirmenci gelen ham maddeyi fiyatına ve kalitesine göre değerlendirir. Fiyat, arz, talep ve taşıma masraflarına bağlıdır; ayrıca hektolitreye ağırlığı ve protein miktarı gibi kalite kriterlerine bağlıdır. Kalite aynı zamanda dış faktörlere de bağlıdır, ancak değirmencinin buğdayı değerlendirme, seçme, ayırma, hazırlama ve paçallama imkanı vardır. Değirmencinin iki ana amacı söz konusudur: birincisi, müşteriye spesifik kalitede ürün sağlamak ve, ikincisi, buğday tanesinin üç ana bölümünü (kepek, embriyo ve endosperm) etkili bir şekilde ayırmaktır.

Tavlama, yani öğütme öncesi buğdayın ıslatılması, nemlendirilmesi sonucu buğday tanesinin kepeği daha sert hale gelmekte ve böylece öğütmede tek parça olarak ayrıştırılabilmektedir. Aynı zamanda buğday uzun bir süre suda bırakılınca, endosperm yani nişastanın bolca bulunduğu, unu oluşturan kısım, yumuşamaya başlamaktadır. Ancak tavlama sırasında nem düzeyinin fazla artması un verimini azaltmaktadır. Bu nedenle tavlamaı etkileyen faktörler (süre, sıcaklık, buğdayın ilk nem yüzdesi gibi) son derece önemlidir ve tavlama işlemi dikkatle uygulanmalıdır.

Bu çalışmada, buğdayın farklı sıcaklık ve sürelerde tavlmasının unun bazı özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Tavlama işleminde özellikle farklı sıcaklıkların kullanılması son derece önemlidir. Literatürde bilindiği gibi yüksek sıcaklıktaki suyla tavlama işlemini gerçekleştirmek değirmenciye zaman kazandırmaktadır. Normalde en az 24 saat olan tavlama süresi, yüksek sıcaklıkta su kullanıldığında bir, birbuçuk saate indirgenmektedir. Çalışmamızda 12, 24, 36 ve 48 saat tavlama sürelerinden sonra un ve hamur özelliklerindeki değişimler incelenmiştir. Ayrıca tavlama işlemi iki farklı sıcaklıklarda gerçekleştirilmiştir: normal oda sıcaklığı (25°C) ve ılık su sıcaklığı (45°C). Farklı sürelerde ve sıcaklıklarda tavlamanın un üzerine etkisini görmek için nem, kül, düşme sayısı (FN), protein, yaş gluten, gluten indeks, sedimentasyon değeri tayinleri, farinograf ve ekstensograf denemeleri yapılmış, özellikle yüksek sıcaklıkta tavlamanın un üzerinde olumsuz etkileri olup olmadığı araştırılmıştır.

Araştırma sonuçları sıcak tavlamanın un verimini az da olsa azaltacak etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Bu bulgu istatistiksel olarak da desteklenmektedir. Sıcak tavlama un verimini soğuk tavlamaı göre ortalama %1,0 kadar azaltmıştır.

Un örneklerinde yapılan analizlerde değişik sürelerde tavlamanın kül miktarı üzerinde de etkili olduğu görülmektedir. Bu bulgu istatistiksel olarak da desteklenmekte, artan tavlama süreleriyle kül miktarı azalmaktadır.

Un örneklerinde yapılan diğer analizlerde istatistiksel olarak da desteklendiği üzere sıcak tavlamanın un verimi ve kül miktarı üzerinde etkili olduğu görülmektedir.

Sıcak tavlama kül miktarını azaltmaktadır. Diğer taraftan da sıcak tavlama, literatürde de belirtildiği gibi tavlama süresini azaltmaktadır.

Sonuç olarak araştırma bulguları, değirmenci tarafından tavlama süresinin azaltılması amaçlanıyorsa, sıcak tavlama yönteminin kullanılabileceği göstermektedir. Ayrıca sıcak tavlama işlemi kül miktarını azaltmaktadır ki bu da değirmenci tarafından istenilen bir özelliktir. Ancak bu sıcak tavlama sonucu un veriminin düşmesinin getirdiği ekonomik yük de dikkate alınmalıdır. Eğer sıcak tavlamanın beraberinde gelecek dezavantajlar (un veriminin azalması) kabul edilecek boyutlarda ise veya bu faktörler diğer yöntemlerle iyileştirilebiliyorsa sıcak tavlama yöntemi kullanılabilir.

THE TEMPERING OF WHEAT BY USING DIFFERENT TEMPERATURES AND TIME AND ITS INFLUENCE ON SOME PROPERTIES OF FLOUR

SUMMARY

The tempering of wheat before grinding is an important step in the milling process. This is even one of the first food processing methods. The flour miller is the first wheat user who is effected by the quality of wheat. The miller evaluates incoming raw material for its price and quality. Price is also dependent on factors such as supply, demand, and transportation costs, as well as quality criteria such as hectolitre weight and protein content. Uality also is dependent on external factors, but the miller has the power to evaluate, select, seperate, prepare, and blend wheat mixes. The miller has two main aims: first, to supply the customer with the specified product quality and, second, to efficiently seperate the three main parts of the wheat kernel (bran, germ and endosperm).

Tempering, meaning the wetting of wheat before milling, hardens the bran of the wheat kernel so it is easier to distinguish it in one piece. At the same time, during the soaking process of the wheat the endosperm, the part where most of the flour comes from, gets softer. But if the moisture of the kernel becomes to high during tempering then this lowers the flour yield. Therefore the factors influencing tempering (such as time, temperature, first moisture of the kernel) are very important and the tempering process has to be applied with care.

In the present study, the tempering of wheat by using different temperatures and time and its influence on some properties of flour has been investigated. Here especially the usage of different tempering temperatures is important. As we know an elevated temperature of the tempering water leads to a reduce of tempering time. The tempering time which is normally at least 24 hours, is reduced to one, one and a half hours. In this study tempering times of 12, 24, 36 and 48 hours and its influence of flour and dough properties were researched. Also two different tempering temperatures were used: normal room temperature (25°C) and warm water (45°C). To see the influence of different tempering times and temperature, moisture content, ash content, falling number, protein, wet gluten, gluten index, sedimentation values, farinograph and extensograph values were measured. Specially it was researched if there is any negative influence of the elevated tempering temperature on flour.

Warm water tempering has a slightly decreasing effect on the flour yield. This result is also been supported by istatistical analysis. Warm water tempering flour yield was lower than cold water flour yield by %1,0.

The research on flour samples showed that different tempering times does effect the ash content. This result is also been supported by istatistical analysis, with increasing tempering times ash content is decreasing.

The other research on flour samples showed that warm tempering effects flour yield and ash content. These results are also been supported by istatistical analysis. Warm

tempering decreases the ash content. On the other side warm tempering decreases the tempering time, as it is mentioned by the common literature.

As a result the findings of the research show that the warm tempering method can be used, if the miller has the aim to shorten the tempering time. Also warm water tempering decreases the ash content, this is a good property which has advantages for the miller. But the economic burden that comes with this application has to be taken care of. If the disadvantages that come with warm tempering (decrease of flour yield) are within acceptable parameters or can be neutralized by other processes, warm water tempering can be used.

1. GİRİŞ

İnsan yaşayabilmesi ve sosyal fonksiyonlarını sürdürebilmesi için gerekli besin maddelerini bitkisel ve hayvansal gıda maddelerinden sağlamaktadır. İnsanın dengeli şekilde beslenebilmesi, bu iki grup gıda maddesinin yeterli ve dengeli miktarlarda alınmasına bağlıdır.

Bitkisel kaynaklı gıdalar, hayvansal olanlara göre yetiştirilmeleri, sağlanmaları, taşınmaları, saklanmaları ve işlenmeleri daha kolay ve ucuz olmasından dolayı özellikle teknolojiye geri kalmış ülke ve toplum kesimlerinde daha yüksek miktarda tüketilmektedir. Hububat ise bitkisel gıda maddeleri içinde yukarıda belirtilen üstünlükler yanında yoğun besin maddesi kaynağı olarak ayrıcalığa sahiptir. Günümüzde, buğday çok geniş iklim aralığında ve farklı toprak tiplerinde yetiştirilmektedir. Bu adaptasyon buğdayın dünyada en fazla yetiştirilen ürün olma başarısına katkıda bulunmaktadır.

Hububat denilince akla Gramineae familyası üyelerinin meyvaları, tohumları veyahut da geniş bir ifade ile taneleri akla gelmektedir. Yeryüzünde kültürü yapılan hububat çeşitlerinin başlıcaları 1. Buğday, 2. Mısır, 3. Pirinç, 4. Arpa, 5. Çavdar, 6. Yulaf, 7. Darı çeşitleridir – kumdarı, Cindarı ve Kuş yemi (Boyacıoğlu, 1999a).

Hububata, gıda bilimi ve teknolojisi açısından bakıldığında tüketim kolaylığı ve insan vücuduna besin maddesi olarak faydalılığı yönünden mutlak surette bir ön işleme tabi tutulması gerekmektedir. Bu ihtiyaç insanoğlunu hububat tanesini kavurma, pişirme, kırma, öğütme, öğütülmüş ürünü kısımlara ayırma ve diğer gıda maddeleri ile katkılama gibi teknolojik uygulamalara yöneltmiştir. Bu anabilim dalı içinde bu görevleri Hububat Bilimi ve Teknolojisi üstlenmiştir. Bu bilim dalı, yetişmekte ve kültürü yapılmakta olan hububat çeşitlerinin insanın kullanmasına ve beslenmesine daha faydalı olacak şekilde hizmete sunulmasını, tanınmalarını ve daha uygun işleme tekniklerinin araştırılmasını konu almaktadır (Elgün, 1997).

Buğday unu öğütme ekipmanlarının ve tekniklerinin araştırma ve geliştirme işlemleri süregelen proseslerdir. Ani önemli keşifler seyrek olarak görölse de, değişimler

sürekli olarak test edilir, değerlendirilir, geliştirilir ve kabul edilir. Bu olaylar Mısırlıların ilk denemlerinden beri, öğütme ve ekmek yapımının tarihi olmuştur. Onlar özenle seçilmiş tohumları kırarak ve hamurun pişirmeden önceki dinlenme süresini geliştirerek ilk adımları atmışlardı (Kruger, 1996).

Ekmek yapımı insanlık tarihinde çok eskilere dayanmaktadır, dolayısıyla ekmeğin ana maddesi olan unun üretimi her zaman büyük önem taşımıştır. Unun döğülerek elde edildiği eski havanlardan, çarklı değirmenlere ve sonrasında günümüzün modern elektronik değirmenlerine kadar değirmencilik büyük aşamalardan geçmiş ve gelişmiştir.

Buğdayın öğütmeden önce tavllanması değirmencilikte önemli aşamalardan biridir. Hatta bu işlem ilk gıda işleme yöntemlerinden biri sayılabilir. Tavlamayı etkileyen faktörler (süre, sıcaklık, buğdayın ilk nem yüzdesi gibi) son derece önemli olup bu işlem dikkatle uygulanmalıdır.

Ülkemiz buğdaylarının iyi değerlendirilmesi dünya un ticaretinde rekabetin arttığı günümüzde un sanayimiz için çok büyük önem taşımaktadır. Değişik tavlama şekilleri kullanılarak un üretimi kolaylaştırılabilir ve hızlandırılabilir. Bu çalışmanın amacı iki değişik tip buğdayda (kırmızı ve beyaz) tavlama işlemi sırasında uygulanan süre ve sıcaklığın unun bazı kimyasal özellikleri ve hamur özellikleri üzerine etkisini belirlemektir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1. Genel Bilgiler

Buğdayı öğütmeye hazırlamak için uygulanan tavlama işlemi, buğdaya soğuk veya sıcak su eklemeyi içermektedir. Bu işlemden sonra buğday, öğütme için optimum nem dağılımına ve öğütme özelliklerine ulaşana kadar ambarlarda dinlenmeye bırakılmaktadır. Tavlama ile buğdayın öğütmeye hazırlanması taneye su verme (tempering) veya tanedeki fazla suyu kurutarak uzaklaştırma (conditioning) işlemleri ile gerçekleştirilmektedir. Buğdayın tanesinin üç bölümü (kepek, embriyo ve endosperm) sertlik ve gevreklik bakımından birbirinden farklı olup buğdayın bu özelliği öğütme işlemini mümkün kılmaktadır (Posner ve Hibbs, 1997)

Tavlama işleminin değirmencilik açısından fonksiyonlarını aşağıdaki şekilde özetlemek mümkündür.

1. Tanenin kepek tabakası gevrekliğini kaybeder ve elastik ve dayanıklı bir yapı kazanır. Bu özellik kepeğin öğütmede toz olmadan, pulcuk halinde parçalanmasını sağlar.
2. Endosperm ise kepeğinkinin aksine kolayca kırılabilen gevrek bir yapı kazanır. Böylece kepek-endosperm ayrışımı kolaylaşır.
3. Endosperm yumuşar.
4. Öğütme sonrasında çıkan ürün eleme işlemi için optimal duruma gelmektedir.
5. Öğütme sonucu buğdayın sertliğine göre uygun miktarda un verimi sağlanır (Cornell ve Hoveling, 1998).

Yumuşak buğday için optimum nem miktarı, sert buğdaylara göre her zaman %1,5 veya %2 kadar daha az olmakla birlikte, her ikisi için de ortam koşullarına bağlı olarak bu düzeyler değişmektedir. Değişen doğal ortamlar nedeniyle, öğütme öncesinde çoğu sert buğdayların nem miktarı arttırılmalı, ve birçok yumuşak buğdayın da nem miktarı azaltılmalıdır. Tavlama amacı ile ıslak buğdayla kuru

buğdayın paçallanması ve öğütme öncesi bekletilmesi bilinen eski bir tekniktir. Bu tür bir karışımda iki buğday arasındaki nem miktarı alış verişi önce hızlı bir şekilde gerçekleşmektedir. Genelde nem transferi 3 gün sonra durmakta ancak histerisis nedeniyle nem miktarları hiçbir zaman tam olarak eşitlenmemektedir. Sıcaklıkta yapılan değişim 19° – 32°C arasında kaldığında nem transferi oranı değişmemekte, ancak sıcaklık 52°C’ye kadar çıkarılırsa büyük bir artış görülmektedir (Kent, 1976).

2.2. Tavlamanın Esasları

Değirmencilikteki iki ana operasyon, öğütme ve eleme, stoğun nem miktarından etkilenmektedir. Genel olarak buğdayın nem miktarı arttığında; kepek sertleşir, gevrekliği azalır, endosperm ise daha yumuşak ve gevrek hale gelmektedir. Ancak nem yüzünden kepek ve endosperm arasındaki kohezyon artmakta ve böylece endosperm kepekten daha zor ayrılmaktadır. Aynı zamanda stoğun nem miktarı arttığında, parçacıkların eleme ile ayrılması zorlaşmaktadır (Sandhu ve diğ., 1994).

Bu nedenle en iyi öğütme sonuçlarını sağlayacak bir “optimum” buğday nem miktarı vardır: endospermi yumuşatacak ve kepeği sertleştirecek kadar yüksek olmalı, ancak kepeğin ve başka parçacıkların temizlenmesini engellemeyecek derecede de yüksek olmamalıdır. Farklı buğdaylar için genel olarak optimum sayılan nem miktarları Tablo 2.1’de verilmiştir.

Tablo 2.1. Optimum Öğütme Nem Miktarları (Kent, 1976)

Buğday tipi	Nem miktarı, %
Manitoba	16,5 – 17,5
Sert Kırmızı Kışlık	15,5 – 16,5
Plato	15,5 – 16,5
Yumuşak Kırmızı Kışlık	15,5- 16
İngiliz	15 – 16
Avustralya	15 –15,5

Bununla birlikte öğütme için optimum nem miktarının tayininde başka faktörler de dikkate alınmalıdır:

- (a) *Un verimi*: Yüksek un verimi %75 olan “beyaz” un için optimum nem miktarı, %70 verimli unun optimum nem miktarına göre %1 –1,5 azdır.
- (b) *Ürünlerde arzulanan nem miktarı*: Öğütme sırasında buharlaşma nedeniyle ürünlerin nem miktarı genelde değirmene giren hububatlardan daha düşüktür. Buharlaşma miktarı stoğun nem miktarına ve atmosferik koşullara bağlı olup genelde %1 – 2,25 sınırı içerisindeydir. Değirmenci unun güvenli şekilde aylarca depolanabilmesi için son ürün unun nem miktarını %14’te tutmaya çalışacaktır (Kent, 1976).

2.3. Tavlamaı Etkileyen Faktörler

2.3.1. Su

Öğütme ve eleme işlemleri, buğdayın ve sonrasında unun su içeriğinden önemli düzeyde etkilenmektedir:

- 1) Kepek tabakasının çok sert, endospermin ise çok yumuşak karakter kazanması durumu, tane suyunun optimum düzeyin üzerinde olduğunu işaret etmektedir. Bu durumda kepek ile endosperm arasındaki kohezyon artmakta ve kepek-endosperm ayrışımı zorlaşmakta ve eleme güçleşmekte, un verimi düşmektedir.
- 2) Kepek ve endospermin her ikisinin de sert ve kolay kırılabilir özellikte olmaları, tane suyunun düşük olduğunu işaret etmektedir. Bu durumda öğütme sırasında kepek ve endosperm birlikte parçalanarak aralarında ayrışma yeteneği düşmektedir. Elenmeleri kolay, randıman fazla, ancak unun kül miktarı ve renk yoğunluğu yüksektir.
- 3) Tanenin kepek tabakasının elastik-kuvvetli, buna karşılık endospermin gevrek-kırılgan bir yapı kazanması, tane suyunun optimum düzeyde olduğunu göstermektedir. Bu tür tanede kabuk-endosperm ayrışımı yüksek, yani kül miktarı ve renk yoğunluğu ise düşüktür.

En düşük enerji harcaması ile en yüksek beyaz un verimi sağlayan tane suyu, optimum tane suyudur. Bu düzey, buğday tanesinin özellikle sertlik derecesine bağlı

olarak değişmekte olup; yumuşak, unsu tane yapısında olan buğdaylarda %14-15, sert ve camsı tane yapısında olanlarda ise %16-17 dolaylarındadır. Sert buğdaylar yumuşak olanlara göre daha fazla optimum su düzeyine sahip olmaları yanında, suyun taneye alınması ve yayılması da daha uzun süreye ihtiyaç duymaktadır. Bu nedenle sert ve yumuşak buğdayların ayrı ayrı tavlamları tavsiye edilmektedir (Cornell ve Hoveling, 1998).

Tavlama süresi ile eklenecek suyun miktarı arasındaki ilişki yakın kızıl ötesi (near infrared-NIR) spektroskopisi kullanılarak incelenebilmektedir. Bu yöntem (NIR) ile bulunan tane boyutundaki farklılıklar, öğütme için buğday sertliğini karakterize edebilmektedir. Sertlik değerleri ve istenen öğütme nem miktarı dinlenme süresinin tespiti için kullanılmaktadır (Posner ve Hibbs, 1997).

Bunun yanında taneye verilecek su miktarının tespitinde göz önüne alınan başka faktörler de vardır. Bunlar;

1. Normalde %70 civarında olan randımanın %75'e çıkarılması durumunda; tane suyu optimum düzeyden %1-1,5 oranında daha az tutulur.
2. Unda istenen su miktarı ölçü alındığında, öğütmedeki evre şartlarına bağlı olarak tane suyu, unda istenenden %1-2,5 daha fazla tutulur. Öğütme sırasındaki su kaybı sıcak ve nisbi nemi düşük yerlerde daha fazladır ve tane suyu daha yüksek tutulur. Muhafazasının daha güvenli olması nedeniyle unun nem miktarını, %14 ve aşağısında sağlayan, tane suyu düzeyi ölçü alınmaktadır (Elgün, 1997).

2.3.2. Sıcaklık

Tanenin tavllanması sırasında sıcaklığın kullanılması başlıca iki amaca dayanmaktadır. Bunlar;

1. Sıcaklık yükseldikçe suyun taneye giriş ve tane içinde yayılış hızı da artmakta, böylece tavlama işlemi hızlandırılmaktadır.
2. Bazı zayıf buğdayların sıcaklıkla işlenmeleri unların reolojik kalitesine olumlu etkide bulunmaktadır.

Yukarıda da belirtildiği gibi sıcak tavlama işlemi uygulandığında tavlama süresi azalmaktadır. Örneğin, soğuk tavlama 24 saatlik bir süre uygulanacağına, 30°C'de yapılan ılık tavlama süreyi 1,5 saatte indirebilmektedir (Cornell ve Hoveling, 1998).

Tavlama işlemi sırasında ıslak buğday, buhar uygulaması veya radyatörlerle genelde 55°C'nin altındaki sıcaklıklara ısıtılmakta, sonra buğday, öğütme nemine ulaşana kadar bekletilmekte ve soğutulmaktadır. Bu tavlama şekli sırasında, gluten özellikleri değişmekte ve enzim aktivitesi zayıflamaktadır. Yüksek nem miktarı (%20'ye kadar) daha yüksek gluten ve enzim etkileşimini sağlamaktadır. Bazı proteinler, örneğin gluten, suda şişme özelliğine sahip olup sıcaklığın etkisi altında koagüle olabilmektedir. Buğdayın sıcaklığa karşı duyarlılığına dikkat edilmelidir (Posner ve Hibbs, 1997).

2.3.3. Süre

Tavlama süresi, tane özellikleri ile uygulanan sıcaklığın bir fonksiyonu olarak tayin edilmektedir. Normal şartlar altında suyun tane içine alınması, 3-5 dakikalık bir zaman alırken, suyun tane içindeki yayılışı 24-72 saatlik bir dinlenme periyoduna ihtiyaç duymaktadır (Elgün, 1997).

Sert buğdaylar yumuşak olanlara göre daha uzun dinlenme süresine ihtiyaç duymakta, diğer yandan sıcaklık derecesi yükseldikçe suyun taneye alınması ve içinde yayılışı hızlanmaktadır (Cornell ve Hoveling, 1998).

2.4. Tavlamanın Etki Mekanizması

Buğdayı optimum nem oranına getirmek için, kuru buğdaya su (veya su buharı) eklenerek ıslatılmakta, ıslak buğday ise kurutulmaktadır.

Kepeğin dış tabakaları, buğday nemlendirildiğinde hızlıca suyu absorbe etmektedirler. Ancak tohum kabuğu suyu yavaş geçirme özelliğinde olup su endosperme zamanla difüze etmektedir. Sadece embriyoda bu durum farklıdır. Embriyoda bu tabaka olmadığından buğday suya bırakıldığında, su embriyo ucundan yüzeydeki diğer yerlerden daha hızlı girmektedir (Cornell ve Hoveling, 1998).

Yeni ıslatılmış buğdayın dışı ıslak, ancak içi hala oldukça kurudur. Bunun tersi, kurutulmuş buğday için geçerlidir. Islatılmış buğday veya kurutulmuş buğday, normal sıcaklıklarda (18° – 20°C) bir kaç günlüğüne dinlenmeye bırakılırsa, nem dağılımı eşitlenmeye başlamaktadır (Tablo 2.2) (Kent, 1976).

Su vererek yapılan tavlamada tane bünyesine alınan suyun dağılışına kısaca göz atacak olursak, su tanenin başakçık eksenine oturduğu kısımdaki hilum denilen dış

perikarpın hasara uğradığı bölgeden girmekte ve önce perikarp tabakasında yayılmaktadır. Perikarp altındaki testa tabakası suyun embriyo ve endosperme yayılışını düzenlemektedir. Suyun yayılış hızı embriyoda endosperminkine göre 2 mislidir. Endosperm tabakası meyve kabuğundan sonra ayrıca özel hyalin tabakası ile de korunmuştur. Hyalin tabakası meyve kabuğundan içeri alınan suyun endospermde yeni endosperm hücre duvarlarında düzenli bir şekilde yayılmasını sağlamaktadır.

Tablo 2.2. Kepek ve Endospermin Nem Miktarları (Kent, 1996)

Dinlenme süresi	%13'ten %14,5'a ıslatılmış buğday		%17,7'den %14,5'a kurutulmuş buğday	
	Kepek nem miktarı (%)	Endosperm nem miktarı (%)	Kepek nem miktarı (%)	Endosperm nem miktarı (%)
1 saat	15,6	14,2	13,8	14,9
1 gün	14,7	14,4	14,1	14,8
1 hafta	14,5	14,5	14,1	14,8
1 ay	14,5	14,6	14,1	14,8

Taneye suyun yayılması ile birlikte, tanenin selüloz ağırlıklı kısmı daha süratli bir şekilde su alarak turgor haline geçmekte ve kabuk kısmı gerilerek sert-elastik bir yapı kazanmaktadır.

Diğer yandan tavlama sırasında uygulanan su, sıcaklık ve sürenin bir fonksiyonu olarak enzimatik aktivite stimüle olmaktadır. Ancak aktivite artışına gelince, tavlama şartlarında her durumda diastatik aktivite artışı olmamaktadır. Proteolitik aktivite ise soğuk ve ılık tavlama şartlarından etkilenmemektedir. Buna karşılık sıcak tavlama kullanılan sıcaklık normu (max. 70°C) aktivitede düşmeye neden olmaktadır.

Endosperme verilen tavlama suyunun serbest ve bağlı formlarda bulunduğu bilinmektedir. Bağlı form su kimyasal olarak özellikle proteinlere bağlı olduğu düşünülmekte ve proteinlerin hidrasyon derecesi yüksekliğinin ekmekçilik kalitesini etkilediğine inanılmaktadır (Elgün, 1997).

2.5. Optimum Tane Suyunun Sağlanması

Buğdayın tavlamanmadan önceki nem miktarı değişken olduğundan öncelikle buğdayın nem miktarı tespit edilmeli ve daha sonra buğdayın optimum öğütme nemine ulaşması için su eklenmelidir. Genelde bu optimum öğütme nemi %14 ile %17 arasında olup, her buğdayın türünün, bölümlerinin iyi ayrıştığı optimum bir nem miktarı vardır.

Eklenen suyun miktarı buğdayın ilk nem miktarına ve öğütme işleminin gerçekleştiği ortamın bağıl nemine bağlıdır. Islatılmış buğday daha sonra belli bir süre için dinlenmeye bırakılır – tavllanır. Bu sürede eklenen su buğday taneleri arasında düzenli olarak dağılmaktadır. Bu tavlama süreci muhtemelen değirmencinin, buğdayın fiziksel ve kimyasal durumunu değiştirebileceği tek evredir. Burada amaç tavllanmış buğdayda tüm tanelerin aynı fiziksel duruma getirilmesidir (Posner ve Hibbs, 1997).

2.5.1. Kurutarak Optimum Tane Suyunun Sağlanması

Buğdayın kurutulmasında 30°C civarında ılık hava kullanıldığında, kurutma sonrası ürünün soğuk hava ile normal sıcaklığa soğutulması sağlanır. Böylece sonradan meydana gelebilecek terlemenin önüne geçilmiş olur (Elgün, 1997).

2.5.2. Su Vererek Optimum Tane Suyunun Sağlanması

2.5.2.1. Yıkama İşlemiyle Su Optimizasyonu

Optimum tane suyunu sağlamada başvuru en pratik su verme metodu, buğdayın su içinde kalma süresini ayarlayarak yapılmaktadır. Böylece tane suyunu %2-3.5 kadar yükseltmek mümkün olmaktadır.

2.5.2.2. Paçal İşlemiyle Su Optimizasyonu

Eldeki buğday partilerinin tane suyu optimum düzeyin altında ve üstünde olabilir. Paçallanma ile su miktarının optimum düzeye ayarlanması böyle durumlarda kullanılmakta ve zamana bağlı olarak difüzyonla taneler arası higroskopik dengenin oluşması beklenmektedir (Sandhu ve diğ., 1994).

2.5.2.3. Su Verme Düzenleriyle Su Optimizasyonu

Sanayide birçok su verme düzeni kullanılmaktadır: a) Su dolabı ile buğdaya su verme, b) Enjektörlü su verme düzeni ve c) Helezonik su verme düzeni. En basit ve ülkemizde yaygın olarak kullanılan su verme düzeni “Su dolapları”dır. Su dolaplarıyla verilecek suyun ayarlanması, dolap üzerindeki kovacıklar bağlı bulundukları noktada ağızları aksi istikamette çevrilerek, su taşıma fonksiyonlarının iptal edilmesiyle başarılmaktadır (Elgün, 1997).

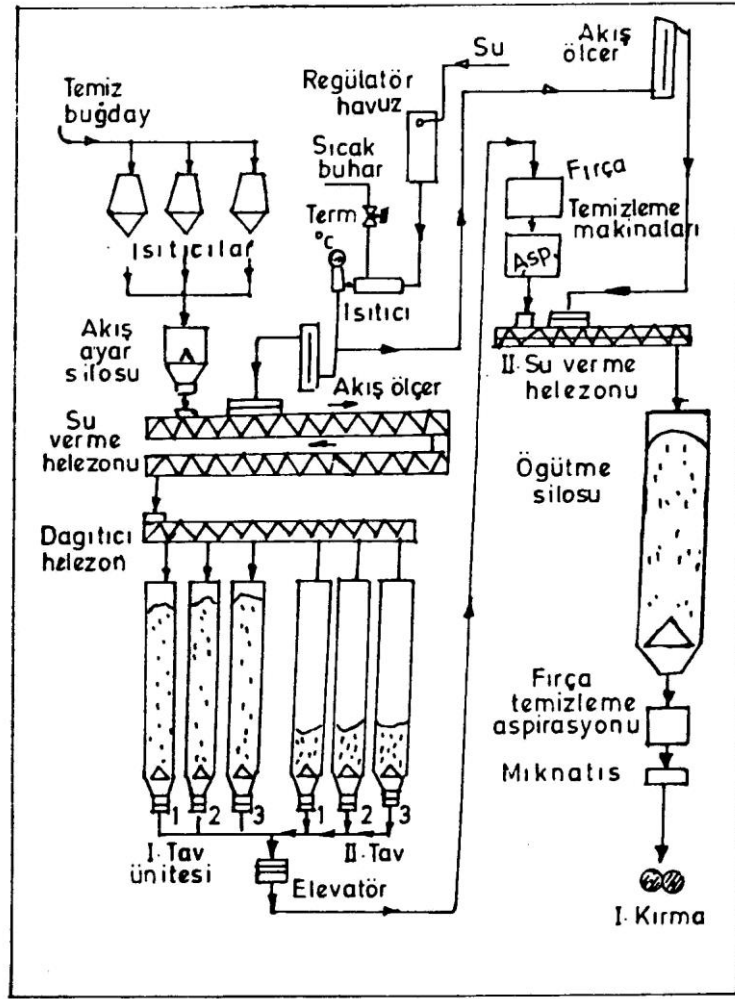
2.6. Islatılmış Buğdayın Dinlendirilmesi

Islatılmış buğdayın dinlendirilmesinde genellikle iki takım halinde dinlendirme silosu kullanılmaktadır. Bir grup siloda dinlendirme işlemi sürdürülürken, diğerinden buğday alınarak öğütmeye gönderilmektedir (Şekil 2.1).

Dinlendirme (tavlama) silolarının taban hunisi ağzında, bir tersine konik dağıtıcı vardır. Bu, boşaltmada çıkış konisinin basınçla tıkanmasını önleyici ve akışı regüle edici fonksiyonuna sahiptir. Dağıtma hunisi çapı genişledikçe akış hızı düşmektedir. Bu bölüme ıslak buğday doldurulduğunda yapışmalar sonucu boşaltma zorlukları çıkmaktadır. Bunu önlemek için bu bölüme kuru buğday doldurulup, üzerine suyu verilen buğday alınmalıdır. Öğütmede bu kuru kısmın boşalması yaklaşık 15 dakika almaktadır. Dolayısıyla II. su verme düzeninde bu kısma yoğun su vererek sonra kırma valsine ulaşması sağlanmaktadır.

Dinlenme sıcaklığı, uygun olduğu devrelerde 9-12 saatte ekonomik bir tavlama başarılabilmektedir. Bunun yanında teoride daha kaliteli un için en az 24 saat olmak üzere 72 saate kadar dinlenmenin uzatılması hususunda tavsiyeler de vardır.

Gerek kuru temizleme sonucu ve gerekse tavlama işlemi sırasında tane üzerinde serbest kalan veya gevşeyen uçar kepek parçacıklarını taneden uzaklaştırmada, tekrar aspirasyon işlemine başvurulmaktadır. Buğday, fırçalama makinasından sonra aspire edilirse temizlik daha etkili olmaktadır. Temizlenmiş buğday sonra öğütme ünitesine gönderilmelidir. Şekil 2.1’de, buğdayın helezonik su verme sistemli ve iki dinlendirme üniteli bir tavlama sistemindeki akışı gösterilmektedir (Elgün, 1997).



Şekil 2.1. Buğday Tavlama Sisteminde Akış (Elgün, 1997)

2.7. Buğday Tavlama Yöntemleri

2.7.1. Paçal Yoluyla Tavlama

Bu yöntem, tane suyu optimum düzeyin altında ve üstünde olan buğday partilerinin, istenilen su miktarını sağlayacak şekilde paçal yapılmaları ve dinlendirilmeleri sonucu gerçekleştirilmektedir. Homojen bir tavlama yapmak genellikle mümkün olmamaktadır (Sandhu ve diğ., 1994).

2.7.2. Soğuk Tavlama

Soğuk tavlama veya su verme düzenleriyle, normal şartlarda normal sıcaklıktaki suyun, optimum düzeyde taneye verilmesi ve yine normal şartlarda dinlendirilmesi yoluyla yapılan tavlama şeklidir. Buğday özelliklerine ve çevre şartlarına bağlı olarak dinlenme süresi 24 ile 72 saat arasında olması düşünülmektedir. Bu yöntemde

buğdayın yeterli suyu alması birkaç dakika içinde başarılırken, bunun tane içinde yayılışı oldukça uzun bir süreyi gerektirmektedir (Elgün, 1997).

Cornell ve Hoveling (1998) soğuk tavlama işlemini optimal nem miktarını, tavlama süresini ve dinlenme süresini tayin etmek amacıyla araştırmışlardır. Araştırmada buğday karıştırılırken soğuk su üzerine püskürtülmektedir. Bundan sonra suyun buğday içinde düzenli şekilde yayılması için işlenmiş hububatın bir kaç saatliğine dinlenmesi gerekmektedir. Araştırmacılar sert, camsı buğday için gereken sürenin 36 saate kadar çıkabildiğini, daha yumuşak buğdaylar için ise sadece 4 saat gibi kısa bir sürenin yeterli olduğunu belirtmişlerdir. Yüksek-hızlı karıştırma ekipmanları suyun yayılmasını iyileştirmek için geliştirilmiştir (Cornell ve Hoveling, 1998). Soğuk tavlama yönteminde suyun taneye nüfuzunu hızlandırmak amacıyla Aerosol O.T. ve sodyum bikarbonat gibi kimyasal maddeler çok düşük düzeylerde, taneye olumsuz etkide bulunmayacak miktarlarda kullanılabilirler (Elgün, 1997).

Su embriyoya yakın kepek kısmından en hızlı şekilde girmektedir. Ancak bu bulgu soğuk tavlama da görülmemektedir. Burada buğday tanesinin aşırı miktarda suyla teması, endosperme ani girişi (penetrasyonu) sağlamak için çok kısa olup, 20°C’de merkeze doğru dağılım 60 saat geçene kadar tamamlanmamış, ancak 12°C’lik sıcaklık artışları uygulandığında yayılma oranı artmıştır. Buna göre, merkeze dağılımın %85’inin 20°C, 31,5°C ve 43,5°C’de tamamlanması için gerekli olan süreler sırasıyla 24, 8 ve 2,6 saat olmuştur (Kent, 1976).

2.7.3. Ilık Tavlama

Buğdayda sıcak tavlama üzerine bugüne kadar birçok araştırma gerçekleştirilmiştir. Bu araştırmalar özellikle yumuşak buğday kalitesinin bu proses ile ekmek yapım kalitesinin geliştirildiği kuzey Avrupa’da yapılmıştır. Bugün, daha kuvvetli buğdaylar ve potasyum bromat ve askorbik asit gibi oksidatif katkıları belli bir dereceye kadar aynı etkiyi sağlamaktadır. Avrupada yetiştirilen yumuşak buğdayın 36°C-43°C sıcaklıklarında tavlama yayılma ve akış gibi hamur özelliklerindeki doğal kusurların ortadan kalkmasına neden olmuştur (Posner ve Hibbs, 1997).

Soğuk tavlama da, su verilmiş tanede suyun yayılıp dengeye ulaşabilmesi için 1-3 güne ihtiyaç varken, 30 ile 46°C arasında gerçekleştirilen ılık dinlendirme şartlarında bu süre 1-1.5 saate indirgenebilmektedir. Buna rağmen tanenin optimum fiziksel yapı özelliklerini kazanabilmesi için öğütmeden önce yine 24 saatlik bir dinlenme

periyodu tavsiye edilmektedir (Elgün, 1997). İngiltere’de ve Amerika’da yapılan araştırmalarda un karakteristiklerin uygulanan sıcaklık tarafından değişmediği bulunmuştur; bunlar parçacık büyüklüğü dağılımı, kül, protein ve ekmek yapım karakteristikleridir (Kent, 1976 ve Hlynka, 1974).

Tavlama bölümünde, 30°C ile 46°C arasında değişen sıcaklık normları kullanılmaktadır. En uygun endosperm yumuşamasının 45°C’de elde edildiği ve “patent” un veriminin arttığı, kül miktarının %0.02 ile %0.04 arasında düşmeye neden olduğu, elemenin kolaylaştığı nakledilen literatür bilgileri arasındadır (Kathuria ve Sidhu, 1984; Shi ve diğ., 1994).

2.7.4. Sıcak Tavlama

Bu tip tavlama ılık tavlama yönteminin modifikasyonu ile gerçekleştirilmektedir. Ayrı olarak tavlama aşaması 46°C’nin üzerinde 60°C’ye kadar yükseltilebilmektedir. Her ne kadar sıcaklığı 70°C’ye kadar yükseltmek mümkün olursa da bu sıcaklıkta işlem süresi oldukça kritik olup, tavlama daha kısa sürede gerçekleştirilmektedir. Aşırı sıcaklık durumunda, buğdayın gluten ve ekmekçilik değerinin zarar görmesi söz konusu olabileceğinden, sıcak tavlamaya başvuru çok az olmaktadır. Tanenin ve glutenin teknik özelliklerinin kritik zarar görme sıcaklığı; aşağıdaki ifade ile bulunabilir (Elgün, 1997).

$$T = 122 - 5 \log_{10}t - 44 \log_{10}M \quad (2.1)$$

T = Sıcaklık (°C)

t = Zaman (dk)

M = Tane suyu (%)

Hlynka (1974) tarafından yapılan araştırmaya göre Alman buğdaylarının 55°C-60°C aralığında tavlama sonrasında ekmek yapım kalitesi artabilmektedir. Araştırmacı %18’lik buğdayın 66°C’ye ısıtıldığında veya %15 nem miktarındaki buğdayın 71°C’ye ısıtılıp soğutulduğunda iyi sonuçlar elde edileceğini savunmuştur. Buna karşın ekmek yapım kalitesinin gelişimi için 55°C-60°C’nin üst sınır olduğunu ifade edilmiş, 1,5 saat 55°C’de gelişme görüldüğünü ancak 60°C’nin aşırı olduğunu belirtilmiştir (Kent, 1976 ve Hlynka, 1974).

Kathuria ve Sidhu'un (1984) yaptıkları araştırmada sıcak tavlamanın öğütme kalitesi ve irmik kompozisyonu üzerine etkisi incelenmiştir. Bu araştırmada Hint durum (makarnalık) ve ekmeklik buğdayları üzerinde çalışılmıştır. Yönteme göre 2 kg'luk buğday örnekleri sıcak suya (50°C) daldırılmış ve 10, 20, 30, 40 dakika bekletilmiştir. Diğer proses ise basınçlı buhar uygulaması olmuş, örnekler 0, 1, 2, atm'de 5, 2, 1 dakika buhara tabi tutulmuştur. Kullanılan durum buğday cinsinden en yüksek protein, karotenoid pigment içerikli maksimum irmik miktarını elde etmek bu şekilde mümkün olmuştur. Ayrıca lipoksigenaz aktivitesi de ekmekteğine göre daha az olarak bulunmuştur. İncelenen durum örneklerindeki irmik verimi, ekmeklik buğdaydakinden fazla çıkmıştır. İrmik verimi, buğday basınçlı buhara (2 atm) 1 dakikalığına tabi tutulduğunda önemli derecede azalmıştır. İrmikte pigment kaybı 50°C'de, 40 dak. süren işlemde önemsiz derecede az bulunmuştur. Bununla birlikte renk gradiyan değeri ve kül miktarı, sıcak su ve basınçlı buhar işlemlerinde önemli derecede azalma göstermiştir.

Yapılan çalışmalarda tecrübenin bize gösterdiği, yüksek uzayabilirliğe sahip hamurları oluşturan buğdaylar için ısı uygulamasında az gelişme olduğudur. Hatta uzayabilirlikte ve elastikiyetle (ekstensogram yüksekliği) kayıplar da oluşmaktadır. Bu nedenle ısı uygulamalarının başarılı olması için buğdayın seçiminde modern hamur-ölçüm cihazlarına başvurulmalıdır. Ziegler (fiziksel) hamur özelliklerinin kritik bölgedeyken sadece 2°C'lik küçük farklarda bile 0,5 saat tavlama uygulamasında önemli değişikliklere neden olduğunu kanıtlamıştır (Hlynka, 1974).

Sıcaklık ve nem; gluteni, diastatik gücü ve proteolitik aktiviteyi etkilemektedir. Nakledilen bazı araştırma sonuçlarına göre, 45°C'nin civarında sıcaklık uygulaması, ilk aşamada, proteolitik aktiviteyi stimüle ederek hamur uzamasını artırmakta, ileri aşamada ise hamurda direnç ve elastikiyet yükselmektedir. Uygulamada sıcaklık ile süre ve sıcaklık ile tane suyu arasında etkinlik bakımından ilişki söz konusudur. Tane suyu %20'yi geçince tane kalitesi sıcaklıktan daha çok etkilenmektedir. Tane nemi %17'nin üzerinde olduğunda 54°C'ye kadar tanenin gluteni ve çimlenme gücü zarar görmemektedir. Bazı proteinler, örneğin gluten, suda şişme özelliğine sahip olup sıcaklığın etkisi altında koagüle olabilmektedir. Buğdayın sıcaklığa karşı duyarlılığına dikkat edilmelidir (Posner ve Hibbs, 1997).

2.7.5. Buharla Tavlama

2.7.5.1. Normal Şartlar Altında Buharla Tavlama

Son yıllarda özellikle kısa süreli, kontrolü kolay ve daha üniform tavlama sağlayan buharla tavlama yöntemi önce Almanya’da, sonra Amerika Birleşik Devletleri ve Kanada’da uygulama alanı bulmuştur. Buharla tavlama işlemi, genellikle buhar ile buğday sıcaklığının artırılması ve öğütme için gerekli olan sıcaklığa kadar buğdayın soğutulmasıyla ortaya çıkmakta ve evaporasyon kaybı ve suyun verilmesini kapsamaktadır. Buhar uygulaması ile sıcaklığın tane içine nüfuzu 20-30 sn’de olmaktadır. Buharla tavlama normal ılık tavlama ile kıyaslandığında;

- 1) Daha az enerji gerektirir.
- 2) Kalite diğer yöntemlere göre daha iyi, en azından eşit olmak üzere un verimi yüksektir.
- 3) Öğütme, pürifikasyon (irmik temizleme) ve eleme işlemleri daha kolay icra edilir.
- 4) Daha kısa sürede gerçekleştirilir.

Buharla tavlama yönteminde çeşitli buğdaylar için, kullanılacak sıcaklık normları Tablo 2.3 ‘deki gibi önerilmektedir (Elgün, 1997).

Tablo 2.3. Buharla Tavlama Sıcaklık Normu Tavsiyeleri (Elgün, 1997)

Basamağı	BUĞDAY TİPLERİ		
	Sert-Kuru	Yumuşak-Kuru	Islak
Buhar Muamelesi (°C)	38/42	55/65	40/45
Tavlama (°C)	40	40	60
Soğutma (°C)	40-25	40-25	60-25

Ilık tavlama sağlanan faydaların yanısıra, buharla tavlama sıcaklığın etkisi, bir avantaj olarak yalnız tanenin dış tabakalarında görülmektedir. Buharla tavlama faydalı tane sıcaklığı limiti 40°C olup uygulamada ekmekçilik değerinin muhafazası açısından bu sınır geçilmemektedir.

Isı transferinin buğday tanesinde iletimi ile ilgili araştırmalara göre, sıcak hava akımı kullanıldığında ısı transfer oranı 19-36 kcal/m²s°C olmakta, ancak buhar

kullanıldığında oranlar 500 kcal/m²s°C olmaktadır. Buğday katmanlarında ölçümlerde ısı iletkenlik oranı hava için 7-8 kcal/m²s°C iken buhar için 50 kcal/m²s°C'dir. Isı iletkenliği buğday için ortalama olarak 0,1 kcal/m²s°C oranında çıkmıştır (Posner ve Hibbs, 1997).

2.7.5.2. Düşük Basınç Altında Tavlama

Buğdayın tavlansında diğr bir yöntem buğday kalitesini ve öğütülebilirliğini değıştirebilen vakum kullanımıdır. Vakum kuru buğday üzerinde tanenin kapiler tüplerindeki havayı emmek için kullanılmaktadır. Buğday tanesi bu aşamada suya konduğunda, su yüksek sıcaklık kullanmadan hızlı bir şekilde taneye girmektedir. Vakumlu tavlamanın amacı prosesi 3 – 4 saat gibi kısa bir süreye indirmektir. Bu zaman içinde buğday değırmenci tarafından istenen özelliklere ulaşmaktadır. Bu prosesle tüm tanelere fazlasıyla su verilmekte ve daha sonra nem vakum altında adım adım istenen miktara indirgenmektedir.

Vakum tavlama prosesinde buğday tanesi 35°C civarı sıcaklıklarla tavlansmakta; sıcaklık sonra vakum süreci içinde 25°C'ye indirilmektedir. Buharlı veya radyatörlü tavlama olduğı gibi perikarp bu yöntemde kurumamaktadır. Sistem kesinlikle çevresel faktörlerden bağımsız olup buğdayın öğütme öncesi sıcaklık ve nem karakteristikleri kolayca ayarlanabilmektedir (Posner ve Hibbs, 1997).

2.7.6. Diğr İşlemler

Kullanılan diğr bir yöntem tavlama suyuna bazı enzim inhibitörlerinin veya potasyum bromat ve askorbik asit gibi oksidatif katkıların katılması ve sonra ılık tavlama sonucu buharla tavlamaninkine benzer üstünlüklerin elde edilmesidir (Cornell ve Hoveling, 1998).

2.8. Nem Miktarının Düzeyi

Tavlama işleminde nem miktarı düzeyinin etkisini incelemek amacıyla üç Pasifik Kuzeybatı buğdayı üzerine yapılan araştırmada nem miktarı, öğütme ilişkisi incelenmiştir. Tavlansmış buğdayın nem miktarı arttıkça, özellikle yumuşak buğdayda un randımanı azalmış, kepek eldesi artmıştır. Tavlansmış buğdayın nem miktarı %13-17 arasındayken unun kül miktarı düşük düzeyde olmuş, ancak sonuçlar buğday türlerine göre değışim göstermiştir (Hlynka, 1974).

Normalde hasat edilen buğdayların nem düzeyleri çok farklı olup, bu nem düzeyi varyasyonu tavlama ile ortadan kaldırılmaktadır. Buğdayı daha yüksek bir nem oranına tavlama, buğday tanesini daha yumuşak hale getirmekte ve tekstürel uyum sağlamaktadır. Ancak önceden de belirtildiği gibi nem miktarının artması un randımanını da azaltmaktadır. Ayrıca özellikle deneysel çalışmalarda küçük miktarda ve çok sayıda örnekler kullanılmaktadır. Bu tür çalışmalarda tüm örneklerle tavlama işlemini uygulamak büyük bir zaman kaybına neden olmaktadır. Bu nedenle Gaines ve diğ. (2000) çalışmasında küçük ölçeklerde (10 g) yapılan deneysel amaçlı öğütmelede tavlama işlemi yapılmadan doğru ve uniform sonuçların nasıl elde edilebileceği incelenmiştir. Bu amaçla çalışmada değişik nem düzeylerinde yumuşak ve sert buğday öğütülmüş ve un eldesi, tane dokusu gibi kategorilerde sonuçlar elde edilmiştir. Un veriminin ortak bir bazda (%15 nem düzeyi) rapor edilebilmesi için uygun bir algoritma aşağıda verilmiştir.

$$Un_{15} = Un + \langle (15 - nem.miktarı) \times -1,308 \rangle \quad (2.2)$$

Buna göre daha büyük ölçekteki bir değirmende performansın tayini için küçük bir örnek öğütülmek istenirse, çalışmanın sonuçlarına göre; 1) buğday örneklerini ortak bir nem düzeyine tavlama mecburiyeti yoktur; ancak nem miktarlarının neden olduğu değişkenlik, nem miktarı düzeltme algoritması kullanılarak ortadan kaldırılabilir, ve 2) tane dokusu farklılıklarının neden olduğu un eldesi değişkenliği ek bir algoritma ile ortadan kaldırılabilir. Bu algoritmalar beraber kullanıldığında küçük ölçekli öğütmede un eldesi sabit bir nem ve doku bazında ifade edilebilir ve küçük ölçekli (tahmini) ve büyük ölçekli değirmen sistemleri arasındaki ilişki, tavlama için harcanan zamana ihtiyaç duyulmadan ifade edilmektedir (Gaines ve diğ., 2000).

Bolling ve Zwingelberg'in (1988) araştırmasında öğütülen buğdaylardan elde edilen unun, nem ve kül tayinini gerçekleştirmek için kullanılabilecek uygun değirmenler üzerine çalışılmıştır. Bu araştırmanın sonucunda deneysel amaçlı küçük miktarların öğütülmesi işlemlerinde (200-300g) Quadrumat-Jr. değirmeninin ve sanayi amaçlı büyük miktarların öğütülmesi işlemlerinde (3-5 kg) Bühler değirmeninin kullanımı uygun bulunmuştur.

2.9. Suyun Tane İçinde Dağılımı

Tavlama süresince suyun buğday tanesi içine dağılımı geçmişte öğütmedeki önemi nedeniyle büyük ilgiye neden olmuştur. Sienvert ve Kingswood'un (1976) çalışmasında suyun dağılımının tayini için bir otoradyografik yöntem kullanılmıştır. Kısa süreli tavlama periyotlarında suyun yoğun olarak embriyoda ve kepek tabakalarında biriktiği görülmüştür. Embriyonun kepeğe bağlandığı yerden hızlı su girişinin olduğu görülmüş, ardından su molekülleri dağılımı buğday tanesinin dış bölgesinde olmakta ancak daha sonra buğday tanesinin ortasına doğru gerçekleşmektedir. Bu olay buğday her yönünden suya maruz kalmasına rağmen olmaktadır. Suyun dağılma, penetrasyon oranı değişik türlerde farklı olmuş, ancak dağılma şekli hepsinde yaklaşık aynı olmuştur.

Sienvert ve Kingswood'un (1977) sonraki araştırmasında tavlama sırasında suyun buğday içine dağılımını etkileyen faktörler araştırılmıştır. Bu çalışmada yine otoradyografik yöntem kullanılmıştır. Nişastalı endospermin yapısı elektron mikroskobu ile tayin edilmiştir. Endospermin bu yapısı su miktarının dağılımı, penetrasyonu üzerinde son derece etkili olmuş, özellikle alt alöron tabakasının su penetrasyonu oranını sınırladığı bulunmuştur. Endosperm yapısının düzenli olması, su dağılım hızını yavaşlattığı bulunmuştur. Genelde daha düzenli bir yapıya neden olduklarından protein içeriği ve dağılımı suyun dağılım hızı üzerine etkilidir. Tavlamadan sonra eşit bir dağılımı sağlama zamanı 6 saatten 24 saate kadar değişmektedir. Bu farklar buğdayın cinsine ve ayrıca da tanenin spesifik yapısına bağlı olup, bu spesifik yapı camısı veya unsu yapı ve yüksek protein veya düşük proteindir (Sienvert ve Kingswood, 1977).

2.10. Tane Boyutunun Etkisi

Yumuşak buğday dokusunun (yumuşaklığın) öğütme ve ekmek yapım kalitesi üzerine kritik etkisi vardır. Tane sertliği de genellikle tane boyutu ile ilişkilendirilmektedir.

Değirmencilere göre küçük ve büyük buğday taneleri karıştırılıp öğütüldüğünde, vals ayarı her ikisi için de optimize edilemediğinden un verimi azalmaktadır. Karıştırma prosesi yaygın olduğundan ve buruşuk taneler genelde küçük taneler olarak

algılandığından, küçük taneler az un verimi ve genelde kötü öğütme özellikleri ile bağdaştırılmaktadır. Öğütülecek olan bir karışımda küçük taneler genelde öğütme verimini azalttığından bu tanelerin kötü öğütme özelliklerine sahip oldukları sonucuna varılır. Buruşuk taneleri ayırt etmek üzere karışım temizlenirse (elek veya hava akımı ile) genelde küçük taneler de beraberinde ayıklanır. Bu durumda yine sonuç küçük tanelerin kötü özelliklere sahip olduğudur. Normalde değirmenci küçük tanelerin kalitesine az ilgi göstermekte, ancak eğer öğütülecek buğday önce tane boyutuna göre ayrılır ve ayrı ayrı öğütülürse önem kazanmaktadır.

Literatürdeki yaygın görüşe göre küçük buğday taneleri büyük tanelerden daha yumuşaktırlar. Ancak bazı raporlar, yöntemlere bağlı olarak farklı yorumlara sahiptirler. Pomeranz ve Afework'un (1984) çalışmasına göre küçük, dolgun taneler büyük tanelerle aynı sertliğe sahiptirler. Sadece küçük buruşuk taneler büyük tanelerden daha yumuşaktırlar. Tane sertliğine ilişkin çoğu araştırmalar, küçük tane fraksiyonunda buruşuk tane miktarına ait bilgiler sunmamaktadır. Newton ve diğ. (1972) küçük tanelerin kırılma sırasında daha düşük gerilme değerlerine sahip olduğunu fark etmiştir. Daha küçük tanelerde daha yumuşak buğday tane dokusu (Miller ve diğ., 1981) ve daha yumuşak arpa tane dokusu (Blum ve diğ., 1960) görülmüştür. Ek olarak, öğütme direnci ve tane boyut endeksi deneylerinin her ikisi de daha küçük tanelerin daha yumuşak olduğunu ortaya koymaktadır (Pomeranz ve diğ., 1985). Yine de, küçük tanelerin ezilme direnci gibi bazı doku değerlendirme yöntemleri, direncin fazla olduğunu ve böylece küçük taneleri bulunduklarından daha sert olduklarını ortaya koymaktadır (Meppelink, 1974; Obuchowski ve Bushuk, 1980).

Li ve Posner (1987) öğütme karakteristiklerini araştırmak üzere büyük, orta ve küçük taneleri değerlendirmişler, tane boyutunun küçüldükçe öğütülme kabiliyetinin azaldığını bulmuşlardır.

Doğal olarak değirmenden geçecek olan küçük ve büyük tanelerin bulunduğu bir karışımda vals aralığını doğru ayarlamak zor olacaktır. İdeal olarak, kırıcı vals aralığı ortalama tane boyutuna göre ayarlanmalıdır. Tane boyutu tekdüze oldukça değirmenin işlemesi daha iyi olacaktır. Boyuta göre buğday tanesini ayırmak un verimini geliştirebilmektedir (Gaines ve diğ., 1997).

2.11. Modern Yöntemler

Finney ve Bolte'nin (1985) araştırmasında sert buğday için tavlama süresi geleneksel 18-24 saatten sadece 30 dakikaya indirgenmiştir. Bu yöntem mikroöğütme (micromilling) yöntemidir. Bu yöntemde buğday 15 dakikalığına %2 ön tavlamaya tabi tutulmakta ve önkırma işlemi uygulanmaktadır. Bundan sonra buğday istenen nem miktarına kadar 15 dakika tavlanmakta ve mikroöğütme işlemi ile un elde edilir. Toplam işlem zamanı böylece 40 dakika civarına inmiş olmaktadır. Bu yöntemde ön kırma için özel "Tag-Heppenstall" vals kullanılmakta ve öğütme bu yöntem için özel olarak dizayn edilmiş Hobart öğütücü ünitesinde gerçekleştirilmektedir. %2'lik ön tavlama kepeği sertleştirdiğinden Tag-Heppenstall vals ile ilk kırma yapıldığında, kepek hala sağlam kalmış, ve çatlamış ve kırılmış endospermi hala bir arada tutmaktadır. Bu nedenle endosperm bir sünger gibi davranmış ve hızlıca ve tekdüze şekilde suyu yaklaşık 15 dakika içinde istenilen düzeye kadar absorbe etmiştir. Yapılan karşılaştırmada ortalama un eldesinin (%71,1), klasik yöntemle hemen hemen aynı olduğu (%72,3) bulunmuştur. Un kül miktarı ve protein değerleri 15 dakika ve 18-24 saat tavlamalarında birbirlerine yakın bulunmuştur.

Daha sonra Finney ve Bolte'nin (1986) yumuşak kırmızı buğday üzerinde yaptıkları çalışmada da bu yöntem desteklenmiş ve yumuşak buğdaydan un eldesi ve bisküvi yapımı için uygun bulunmuştur. Bu çalışmada ayrıca değişik miktarlarda proses gerçekleştirilmiş ve yöntem 200 g için Quadrumat jr., 1.5 kg için Allis-Chalmers ve 10 kg için Miag Multomat değirmeninde başarılı olmuştur.

3. MATERYAL VE METOTLAR

3.1. Materyal

Araştırmada materyal olarak “Pamukova” çeşidi kırmızı ve “Tahirova” çeşidi beyaz ekmeklik buğday kullanılmıştır. Bu iki buğday 2001 ürünü olup Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Sakarya Merkez Araştırma Enstitüsünden temin edilmiştir.

3.2. Metotlar

Tavlama suyu miktarı AACC 26-95 metoduna göre hesaplanmıştır. Bu hesaplama buğdayda istenen %16 nem düzeyini esas alarak gerçekleştirilmiştir. Tavlama iki farklı sıcaklıkta – soğuk ve sıcak tavlama – su kullanılarak gerçekleşmiştir: oda sıcaklığı (25°C) ve 45°C sıcaklıkta su. Her ikisi de ayrı ayrı değişik tavlama sürelerinde uygulanmıştır. Bu tavlama süreleri 12 saat, 24 saat, 36 saat ve 48 saat olup bu sürelerin sonunda buğdayların öğütme işlemi AACC 26-50 metoduna uygun olarak Brabender Quadrumat Junior değirmeninde gerçekleştirilmiştir.

3.2.1. Kimyasal Analizler

Un örneklerinde nem, kül, düşme sayısı, yaş gluten ve gluten indeks ve sedimentasyon değerleri Amerikan Hububat Kimyacıları Birliği (AACC)’nin standart metodları kullanılarak belirlenmiştir (AACC, 1995, Metot 08-01, 46-11A, 56-81B, 38-12, 24-07). Protein içerikleri ise Dumas yakma metoduna göre, element analiz cihazı (CHN-1000, Leco Inc.) kullanılarak belirlenmiştir.

3.2.2. Fiziksel Analizler

3.2.2.1. Hektolitre Ağırlığı, Bin Tane Ağırlığı, Nem ve Kül Miktarı

Buğday örneklerinde hektolitre ağırlığı ve bin tane ağırlığı değerleri TS 6531 Hektolitre Ağırlığı Tayini Standardına göre (TSE, 1989) belirlenmiştir. Buğdayda nem ve kül miktarı değerleri Amerikan Hububat Kimyacıları Birliği (AACC)’nin standart metodları kullanılarak belirlenmiştir (AACC, 1995, Metot 08-01, 46-11A).

3.2.2.2. Tane Boyutu

Örneklerin tane boyutu dağılımını belirlemek için buğday taneleri elek analizine tabi tutulmuştur. Elek analizinde materyal olarak kullanılan buğday 2,8; 2,5; 2,2 mm üstü ve elek altı kısımlarına ayrılmıştır. Elek analizi 100g örnekle ve 5 dakika boyunca eleme işlemine tabi tutularak gerçekleştirilmiştir.

3.2.2.3. Farinograf Denemesi

Unların su kaldırma miktarının ve hamur özelliklerinin tespit edilmesi amacıyla uygulanan farinograf denemesi Amerikan Hububat Kimyacıları Birliği (AACC) tarafından geliştirilmiş yöntem (AACC, 1995, Metot 54-21) kullanılarak Brabender Farinograf cihazında gerçekleştirilmiştir (AACC, 1995).

3.2.2.4. Ekstensograf Denemesi

Öğütme denemesi sonucu elde edilen undan yapılan hamurların çekmeye karşı gösterdiği direnci ve uzama yeteneğini saptamak amacıyla uygulanan ekstensograf denemesi, Brabender Ekstensograf cihazında Amerikan Hububat Kimyacıları Birliği (AACC) tarafından geliştirilmiş yöntem (AACC, 1995, Metot 54-10) kullanılarak belirlenmiştir (AACC, 1995)

3.2.3. İstatistiksel Analiz

Uygulanan fiziksel ve kimyasal analizlerinden elde edilen verilere ve un verimi değerlerine, Varyans Analizi (ANOVA, GLM) uygulanarak süre ve sıcaklığın etkisi tespit edilmiştir. Ayrıca bu incelemeler sonucunda tespit edilen önemli faktörlerin seviyeler arasındaki farklılıkları Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi uygulanarak bulunmuştur. Yapılan tüm hesaplamalar Minitab (Release 12) programı kullanılarak bilgisayar ortamında gerçekleştirilmiştir.

4. BULGULAR VE SONUÇLAR

4.1. Buğdayda Bulgular ve Sonuçlar

4.1.1. Hektolitre Ağırlığı

Buğday örneklerinin hektolitre ağırlıkları birbirine yakın değerlerde (80 kg – 81 kg) bulunmuştur (Tablo 4.1). Araştırmanın yapıldığı tarihte geçerli olan TS 2974 Buğday Standardına göre (TSE, 1978) ekmeklik buğdayların hektolitre ağırlıkları 1., 2. ve 3. derecelerde sırasıyla en az 78, 76 ve 74 kg olmalıdır. Buna göre kullanılan buğday örneği 1. derece olarak sınıflandırılabilir.

Tablo 4.1. Buğday Örneklerinin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri¹

	Pamukova	Tahirova
Hektolitre Ağırlığı, kg	80	81
Bin Tane Ağırlığı, g	37,5	39,4
Nem Miktarı, %	12,9	12,6
Kül Miktarı, % (k.m.'de)	1,64	1,59

¹Sonuçlar iki tekrarın ortalamasıdır

4.1.2. Bin Tane Ağırlığı

Buğday örneklerinin bin tane ağırlığı Pamukova buğdayı için 37,5 g ve Tahirova buğday için 39,4 g olarak bulunmuştur (Tablo 4.1). Obuchowski ve Bushuk'un (1980) yaptıkları araştırmaya göre 1000 tane ağırlığı 31,6 g ile 43,4 g arasında değişmiş, ortalama olarak 36,6 g bulunmuştur. Bin tane ağırlığı Gwartz'e (1995) göre en az 24 g olmalı ancak hedef 30 g ve üzeridir. Gwartz tarafından bu verinin sertlikle beraber öğütme karakteristikleri üzerine etkileri incelenmiştir. Bizim araştırmamızdan elde edilen sonuçların, kritik değer olan 37 g civarında olduğu gözlemlenmektedir.

4.1.3. Nem Miktarı

Örneklerin nem miktarları birbirine yakın değerler (%12,9 - %12,6) olarak bulunmuştur (Tablo 4.1). Bu değerler nem miktarı açısından ortalama olarak kabul edilen %11'in üzerinde bulunmuştur (Boyacıoğlu, 1999a).

4.1.4. Kül Miktarı

Buğday örnekleri kül miktarı açısından çok yakın değerlerdedir (Tablo 4.1). Bu değerler Pamukova buğdayı için %1,64 ve Tahirova buğdayı için %1,59'dur. Shuey ve Giles'in (1973) araştırmasına göre sert kırmızı baharlık buğdaylardaki kül miktarı %1,51 ile %1,69 arasında değişmektedir.

4.1.5. Tane Boyutu

Buğday örneklerinin tane boyu dağılımı farklılıklar göstermektedir (Tablo 4.2). Kırmızı buğdayda en büyük fraksiyon 2,8 – 2,5 mm üstü fraksiyonudur (%53,6). Beyaz buğdayda ise tanelerin çoğu ilk iki fraksiyonda yani 2,8 mm üstü ve 2,8 – 2,5 mm toplanmıştır (%37,1 ve %42,5). Her ikisinde de elek altı fraksiyonu %2 gibi düşük bir değerdedir.

Tablo 4.2. Buğday Örneklerinin Tane Boyutu Dağılımı¹

	Pamukova, %	Tahirova, %
2,8 mm üstü	19,9	37,1
2,8 – 2,5 mm	53,6	42,5
2,5 – 2,2 mm	24,2	18,2
Elek altı	2,3	2,2

¹Sonuçlar iki tekrarın ortalamasıdır

4.2. Unda Bulgular ve Sonuçlar

4.2.1. Un Verimi

Un verimi işletmeciler açısından son derece önemli bir kriterdir. Bu nedenle her zaman un verimini arttırıcı faktörler araştırılıp uygulanmaya çalışılmaktadır. Farklı tavlama sıcaklık ve sürelerinin un verimine etkisi üzerine yapılan araştırmada kullandığımız buğdaylardan elde edilen un veriminin soğuk tavlamada %67,9 ile %69,1 arasında, sıcak tavlamada %67,4 ile %67,5 arasında değiştiği grlmştr (Tablo 4.3).

Yamazaki ve Andrews'un (1982) yaptığı araştırmada un verimi (%12 nem miktarında) %67,1 – %75,5 arasında değişmiş, ortalama %71,3 civarında bulunmuştur. Finney ve Bolte'nin (1985) araştırmasında ise 4 tip buğdayın un verimi %67,2 – 71,3; %70 – 72,4, %69,0 – 73,4 ve %70,0 – 74,1 bulunmuş ve toplamda ortalama %72,4 olmuştur. Gwartz'e (1995) göre un verimi %76 civarında olmalı, en az kabul edilebilecek değer ise %74'tür.

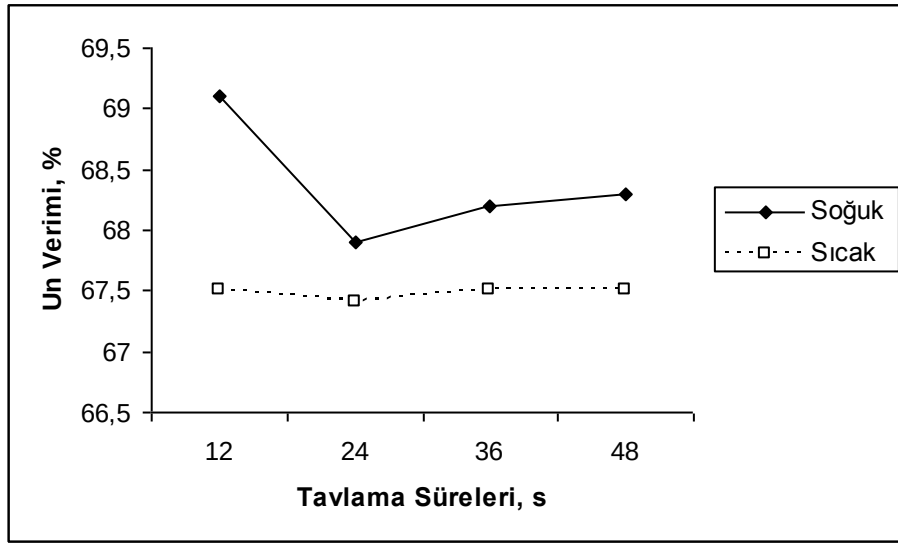
Obuchowski ve Bushuk'un (1980) araştırmasında un verimi %67,0 – 71,0 arasında, ortalama %69,0 olmuştur. Finney ve Andrews'un (1986) araştırmasında un verimi %67,8 – 68,5 arasında, ortalama %68,0 olarak belirlenmiştir. Gaines ve diğ. (2000) yaptığı araştırmada Oasis ve Becker tipi buğday 200 g örnek miktarından 2 g örnek miktarına kadar öğütülmüştür. Bunun sonucunda un verimi Oasis tipinde %60,7 – 65,0 ve Becker tipinde %63,2 – 69,7 olarak bulunmuştur. Bu üç araştırmada da değirmen olarak Brabender Quadrumat jr. kullanılmıştır. Kathuria ve Sidhu'nun (1984) araştırmasında ise ekmeklik buğdayın öğütülmesi sonucu elde edilen un verimi %66,7 olmuştur. Aynı ekmeklik buğday üzerinde yapılan 50°C sıcak tavlama sonucu un veriminde bir azalma grlmştr (%63,0- %63,6).

Araştırmamızda değişen tavlama süreleri un verimini pek fazla etkilememiş, sonuçlar uniform olmuştur. Bununla birlikte sıcak tavlama un verimi soğuk tavlamaya göre ortalama %1,0 kadar azalmıştır (Tablo 4.3 ve şekil 4.1). Bu olgu Kathuria ve Sidhu'nun araştırma sonuçları tarafından da desteklenmektedir.

Tablo 4.3. Soğuk ve Sıcak Tavlama da Un Verimi¹

Un Verimi, %				
	12 saat	24 saat	36 saat	48 saat
Soğuk Tavlama	69,1	67,9	68,2	68,3
Sıcak Tavlama	67,5	67,4	67,5	67,5

¹Sonuçlar iki tekrarın ortalamasıdır



Şekil 4.1. Un Veriminin Tavlama Süreleriyle Değişimi

4.2.2. Kimyasal Analizler

4.2.2.1. Nem Miktarı

Buğday örneklerinin farklı süre ve sıcaklıklarda tavllanması sonucu elde edilen un örneklerinde yapılan incelemelerde nem miktarının %16'ya yakın olduğu görülmüştür (Tablo 4.4 – Tablo 4.5). Sıcak tavlama uygulanan örneklerden elde edilen unların, özellikle 12 saat sonunda, soğuk tavlama göre daha yüksek oranda nem miktarı içerdiği görülebilmektedir. Bundan başka en yüksek nem miktarı değeri sıcak tavlama 36 saat sonunda elde edilmiştir - %15,2 (Şekil 4.2).

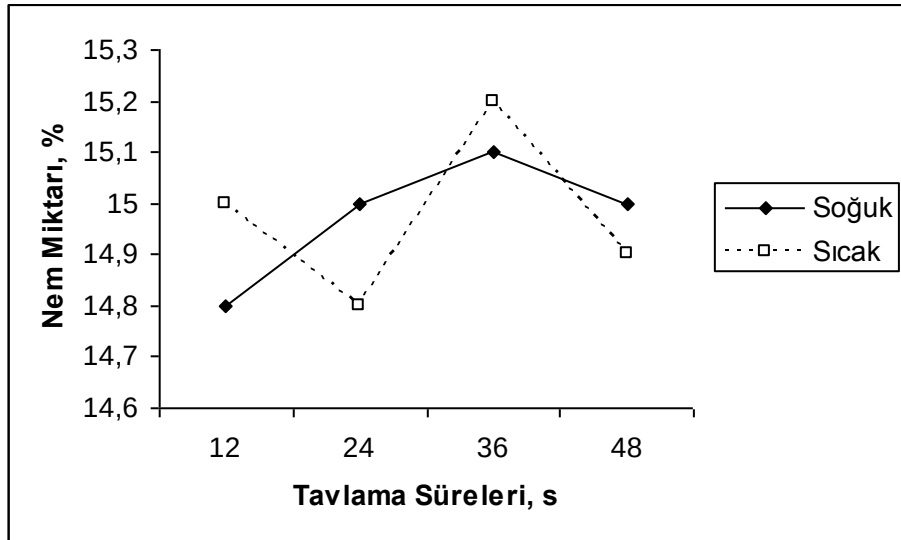
Tablo 4.4. Soğuk Tavlamanın Unun Kimyasal Özelliklerine Etkisi¹

	12 saat	24 saat	36 saat	48 saat
Nem Tayini, %	14,8	15,0	15,1	15,0
Kül Tayini, %	0,85	0,78	0,78	0,75
Düşme Sayısı, sn	425	450	456	512
Protein ² , %	11,8	11,7	11,7	11,6
Yaş Gluten, %	32,0	31,9	31,6	31,7
Gluten Index-GI	76	76	76	75
Sedimentasyon, cc	21	26	25	22
Uz. Sedim., cc	32	34	33	31

¹Sonuçlar dört tekrarın ortalamasıdır²N × 5,7 k.m.'de**Tablo 4.5.** Sıcak Tavlamanın Unun Kimyasal Özelliklerine Etkisi¹

	12 saat	24 saat	36 saat	48 saat
Nem Tayini, %	15,0	14,8	15,2	14,9
Kül Tayini, %	0,77	0,75	0,72	0,70
Düşme Sayısı, sn	472	465	475	478
Protein ² , %	11,6	11,6	11,6	11,6
Yaş Gluten, %	31,0	31,1	30,5	30,7
Gluten Index-GI	75	76	78	76
Sedimentasyon, cc	23	24	27	25
Uz. Sedim., cc	32	33	34	33

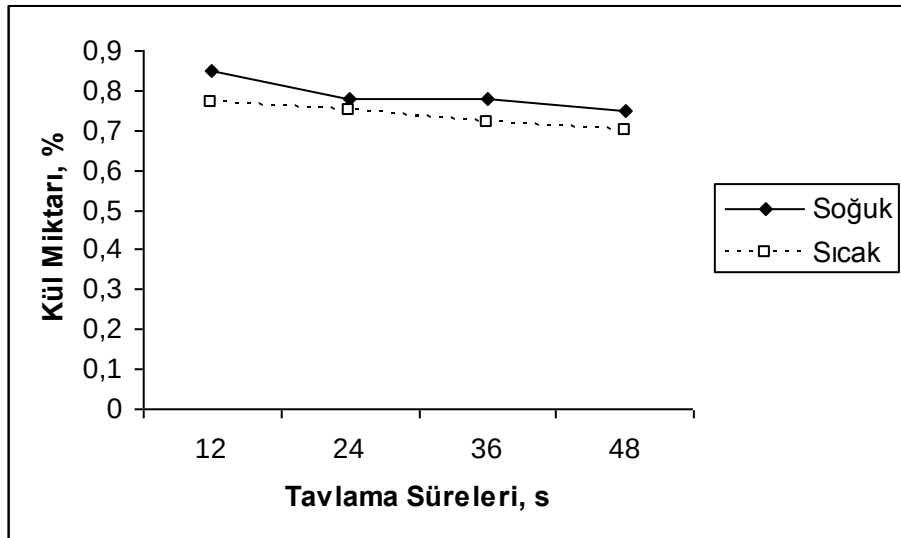
¹Sonuçlar dört tekrarın ortalamasıdır²N × 5,7 k.m.'de



Şekil 4.2. Nem Miktarının Tavlama Süreleriyle Değişimi

4.2.2.2. Kül Miktarı

Hali hazırda geçerli olan Türk Gıda Kodeksi Buğday Unu Tebliğine göre ekmeklik buğday unları Tip 550, Tip 650 ve Tip 850 olarak adlandırılmakta ve bunların kül miktarlarının ise sırasıyla kuru maddede en çok %0,55, %0,65 ve %0,85 olması gerekmektedir (Anon., 1999). Araştırmada elde edilen unlar bu bakımdan Tip 850'ye uygun olarak bulunmuştur (Tablo 4.4 – Tablo 4.5). Kül miktarı ayrıca artan tavlama süreleriyle azalmakta ve sıcak tavlama uygulanan un örnekleri soğuk tavlama uygulanan un örneklerine göre daha az kül miktarı içermektedir (Şekil 4.3).



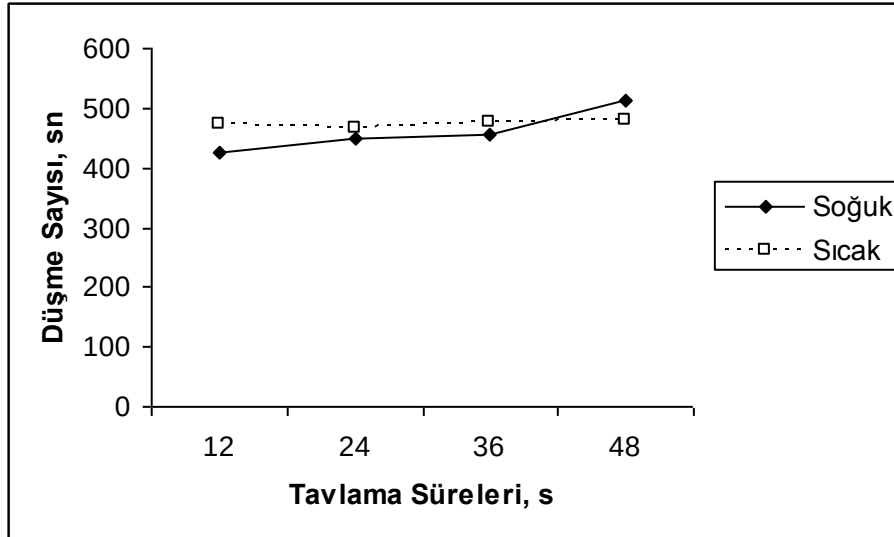
Şekil 4.3. Kül Miktarının Tavlama Süreleriyle Değişimi

4.2.2.3. Düşme Sayısı

Tavlama sonrasında farklı sürelerde bekletildikten sonra öğütme sonucu elde edilen unların alfa-amilaz enzim aktivitesini gösteren düşme sayısı değerleri oldukça yüksek bulunmuştur (Tablo 4.4 – Tablo 4.5). Araştırmadan elde edilen unlarda yapılan araştırmada soğuk tavlama uygulanan unda düşme sayısının 450 civarında olduğu ve sıcak tavlama uygulanan unda 475 civarında olduğu gözlemlenmiştir.

Buğdayın gelişme döneminde yağışların az olması enzimatik gelişiminin az olmasına yol açmaktadır. Genel olarak 250 ve üstü değerler buğdayda herhangi bir iklim zararı olmadığına ilişkin genel bir görüş vermektedir (Simmons, 1989). Düşme sayısı 300'den yüksek ise alfa-amilaz aktivitesi düşüktür ve bu tür unlardan yapılan ekmeklerin hacmi düşük ve içi kuru, 150'den düşük olan unlardan yapılan ekmeklerin içi ise yapışkan olmaktadır (Boyacıoğlu, 1994). Ekmeklik unlarda düşme sayısının 200 – 250 saniye arasında olması arzu edilmektedir.

Tavlama sürelerinin ve sıcaklıkların düşme sayısı üzerine etkisi bulunamamıştır. Sıcak tavlama sonucu ısıya maruz kalan unların 12, 24 ve 36 saatteki düşme sayıları soğuk tavlama düşme sayılarına göre az miktarda büyüktür.

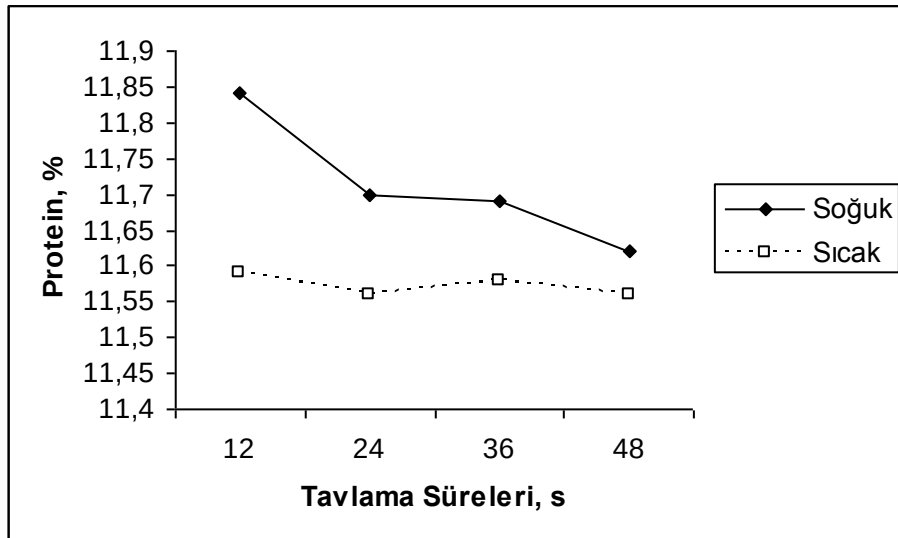


Şekil 4.4. Düşme Sayısının Tavlama Süreleriyle Değişimi

4.2.2.4. Protein Miktarı

Protein miktarı ve kalitesi, unun bir amaç için kullanılmaya elverişlilik derecesini belirleyen en önemli faktördür. Materyal olarak kullanılan buğday unlarının protein miktarları optimum değerler arasındadır (Tablo 4.4 – Tablo 4.5). Soğuk tavlama sonucu elde edilen unların protein miktarları %11,6 - %11,8, sıcak tavlama sonucu elde edilen unların ise %11,5 - %11,6 arasındadır. Ülkemiz buğdaylarında protein miktarı ekmeklik buğdaylarda %10-15 kadardır (Özkaya ve Kahveci, 1990). Gwartz'e (1995) göre undaki protein miktarı ortalama $11,4 \pm 0,2$ olmalıdır. Lindhauer'in (1999) yaptığı araştırmada Alman buğdaylarının protein miktarının 1998 yılında %12,6-13,8 ve 1999 yılında %11,7-13,5 arasında bulunduğu gözlemlenmiştir. Çoğu gıda maddelerinde protein miktarı önemli bir rol üstlenmektedir. Örneğin beslenme fizyolojisi üzerine ve bir gıda maddesinin işleme özellikleri üzerine (katkı maddelerinin eklenmesi gibi) protein miktarının büyük etkisi vardır (Winkler ve diğ. 2000). Winkler ve diğ. (2000) yaptığı araştırmaya göre ise protein miktarları %11.10-13,36 arasında değişmektedir.

Araştırmada özellikle sıcak tavlama sonucunda elde edilen unların protein içerikleri soğuk tavlama sonucu elde edilenlere göre daha düşük bulunmuştur. Soğuk tavlama sonucu elde edilen unda 12 saat protein değeri diğerlerine göre yüksek olmuş, bunun dışında değişik tavlama süreleri protein miktarını etkilememiştir (Şekil 4.5).



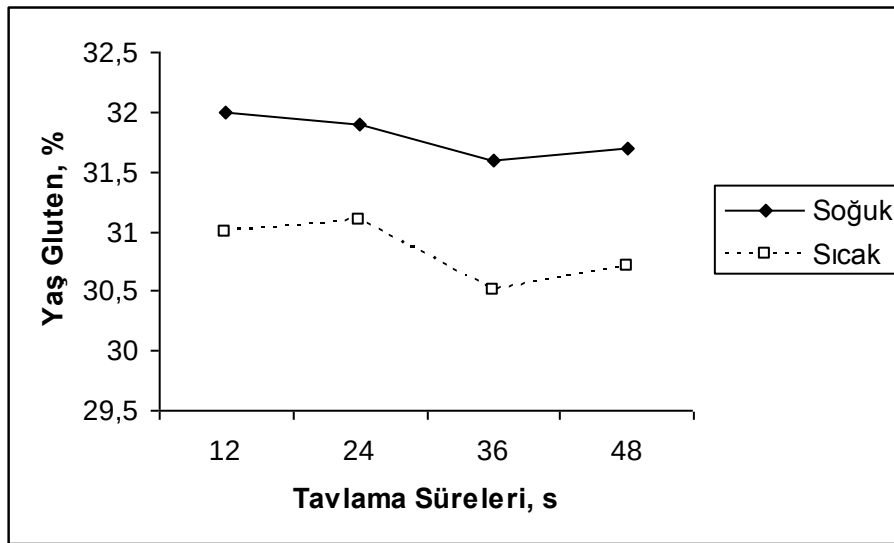
Şekil 4.5. Protein Miktarının Tavlama Süreleriyle Değişimi

4.2.2.5. Yaş Gluten ve Gluten İndeks-GI

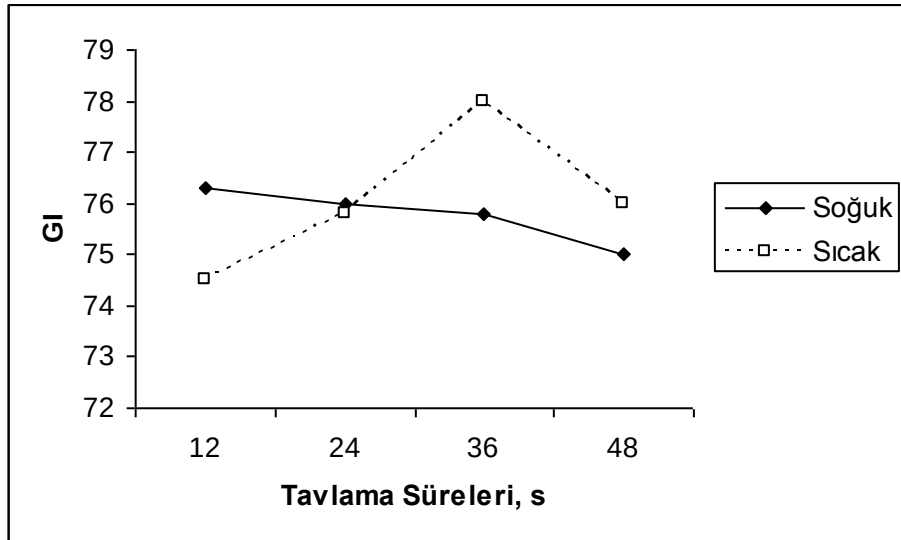
Gluten miktarı ve Gluten İndeks değerleri genel olarak unun ekmeklik kalitesini gösteren değerlerdir. Sadece buğdaya özgü olan gluten proteini suyu emerek şişebilme ve kabarabilme yeteneğine sahiptir. Aynı zamanda fermentasyon sırasında oluşan gazı tutabilme ve pişme sonucunda ekmek oluşturabilme özelliğine sahiptir (Hoseney, 1990).

Soğuk tavlamadan elde edilen un örneklerinin yaş gluten içerikleri %32 ve sıcak tavlamadan elde edilen un örneklerinin ise %31 bulunmuştur (Tablo 4.4 – Tablo 4.5). Gluten İndeks değerleri ise soğuk tavlamadan elde edilen un örneklerinde 75-76 sıcak tavlamadan elde edilen un örneklerinde 75-78 arasındadır. Ekmek üretimi için Gluten İndeks değeri optimum olarak 60-90 arasındadır. A.B.D. sert ekmeklik buğday unlarının yaş gluten içerikleri %26,1-30,4 ve Gluten İndeks sonuçları 96-100 arasında değişiklik göstermiştir (Jun ve diğ., 1998). Bulunan yaş gluten miktarı un için %20'den az ise düşük, %20-27 arası orta ve %27'den fazla ise yüksek olarak değerlendirilmektedir (Boyacıoğlu, 1999b).

Soğuk ve sıcak tavlama sonucu elde edilen unlarda ilk süreler (12 ve 24 saat) yüksek yaş gluten değerine sahiptirler. Ayrıca soğuk tavlamadan elde edilen unların yaş gluten değerleri sıcak tavlamadan elde edilen unlara göre daha yüksektir (Şekil 4.6). Gluten İndeks değerlerine baktığımızda ise uniform sonuçlar görülmektedir. Gluten İndeks tavlama sıcaklıklarından ve sürelerinden etkilenmemiştir (Şekil 4.7).



Şekil 4.6. Yaş Gluten Miktarının Tavlama Süreleriyle Değişimi

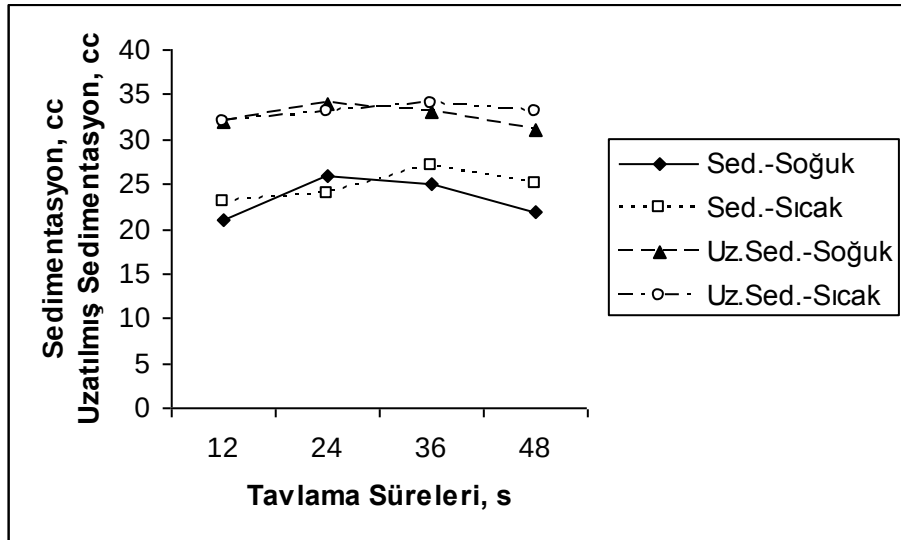


Şekil 4.7. Gluten İndeksin Tavlama Süreleriyle Değişimi

4.2.2.6.Sedimentasyon – Uzatılmış Sedimentasyon

Buğday ununda bulunan gluten proteinin hem kalite hem de miktarının bir göstergesi olan sedimentasyon değeri, buğdaydan hazırlanan deney ununun laktik asit çözeltisi içinde su alarak şişmesi ile elde edilen çökeltinin hacmini gösteren sayının ml olarak ifade edilmesidir. Araştırma sonucu elde edilen unlarda sedimentasyon değerlerinin 20-30 aralığında olduğu gözlemlenmiştir (Tablo 4.4 – Tablo 4.5). Sedimentasyon test sonuçları şu şekilde değerlendirilir: Çok iyi: 36 ml’den fazla, İyi: 25-36 ml, Zayıf: 15-24 ml ve Yarayıssız: 15 ml’den az (Boyacıoğlu, 1999b).

Sıcak tavlamadan elde edilen un örneklerinde sedimentasyon artan tavlama süresi ile genelde artmış, soğuk tavlamadan elde edilen un örneklerinde ise orta zamanlarda pik değerlere ulaşmıştır (Şekil 4.8). Örneklerin %50’si iyi olarak ve %50’si orta ve zayıf olarak bulunmuştur. Uzatılmış Sedimentasyon değerlerine baktığımızda ise bütün değerlerin sedimentasyon değerlerinden daha büyük olduğu kolaylıkla gözlemlenebilmektedir. Bu durumda araştırılan un örneklerinin hiç birinde süne tahribatının mevcut olmadığı söylenebilir.



Şekil 4.8. Sedimentasyon ve Uzatılmış Sedimentasyonun Tavlama Süreleriyle Değişimi

4.2.3 Fiziksel Hamur Denemeleri

4.2.3.1. Farinograf

Unda yüksek olması istenilen farinograf su kaldırma değeri; çeşit, buğday ve unun protein miktarı ve kalitesi, unun yumuşaklığı ve genel ekmek yapım özellikleriyle ilişkilidir (Boyacıoğlu, 1999a).

Un örneklerine uygulanan farinograf denemesinin sonuçları Tablo 4.6 – Tablo 4.7’de verilmiştir. Örneklerin su kaldırma değerleri %60,8-61,1 arasında değişmiş ve genel olarak gluten miktarı yüksek unlarda su kaldırma değerleri yüksek olarak bulunmuştur.

Obuchowski ve Bushuk’un (1980) yaptıkları araştırmaya göre farinograf analizinde su absorpsiyonu yani su kaldırma sert kırmızı buğdayda %58,0 – 60,6 arasında değişmiş, ortalama %59,5 olarak bulunmuştur. Ekmek yapımında kullanılmak üzere öğütülen unların su kaldırması %60,5±2,5 olmalıdır (Gwirtz, 1995). Elde edilen değerler Obuchowski ve Bushuk’a göre daha yüksek, ancak Gwirtz’in koyduğu limitlerin içindedir.

Artan tavlama süreleri ile (24 saat, 36 saat ve 48 saat) su kaldırmanın, azalma eğiliminde olduğu gözlemlenebilmektedir (Şekil 4.9). Ancak bu olay sadece soğuk tavlama da görülmektedir. Sıcak tavlama için böyle bir eğilim görülmemektedir.

Tablo 4.6. Soğuk Tavlamanın Hamurun Farinogram Özelliklerine Etkisi¹

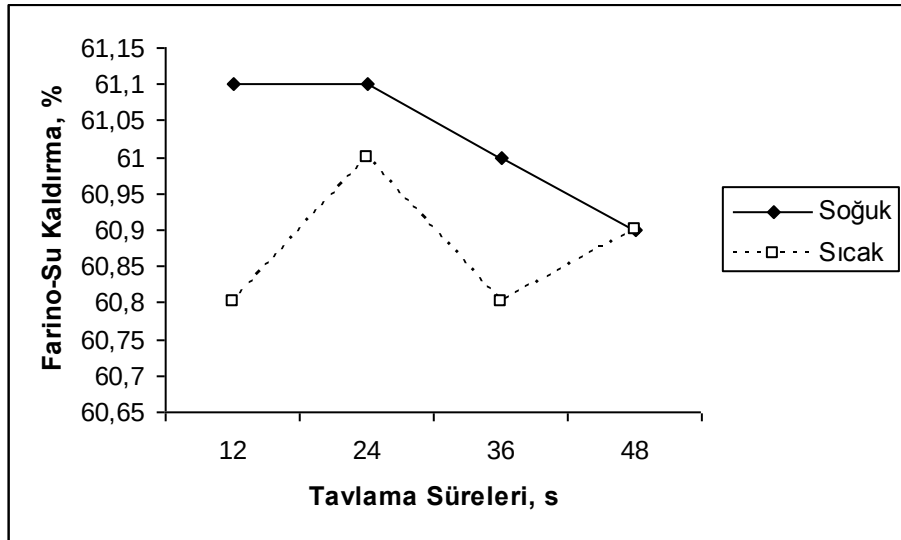
	12 saat	24 saat	36 saat	48 saat
Su kaldırma, %	61,1	61,1	61,0	60,9
Gelişme süresi, dak	3,5	3,6	3,5	3,5
Stabilite, dak	5,9	6,3	6,5	6,0
Yumuşama derecesi, BU	61	65	63	61

¹Sonuçlar iki tekrarın ortalamasıdır

Tablo 4.7. Sıcak Tavlamanın Hamurun Farinogram Özelliklerine Etkisi¹

	12 saat	24 saat	36 saat	48 saat
Su kaldırma, %	60,8	61,0	60,8	60,9
Gelişme süresi, dak	3,9	3,8	3,5	3,6
Stabilite, dak	6,1	5,9	6,3	6,2
Yumuşama derecesi, BU	62	64	59	62

¹Sonuçlar iki tekrarın ortalamasıdır



Şekil 4.9. Farinograf-Su Kaldırma Miktarının Tavlama Süreleriyle Değişimi

Örneklerin farinogram değerleri incelendiğinde en düşük gelişme süresi 3,5 dak. ile 12 saat, 36 saat ve 48 saat soğuk tavlama ve 36 saat sıcak tavlama gözlenirken, en yüksek gelişme süresi değeri 3,9 dak. ile 12 saat sıcak tavlama gözlenmiştir (Tablo 4.6 – Tablo 4.7). Değerler soğuk tavlama 3,5 dak. ile 3,6 dak. arasında ve sıcak tavlama 3,5 dak ile 3,9 dak. arasında bulunmuştur.

Ekmek yapımında kullanılmak üzere öğütülen unların gelişme süresi $7,5 \pm 1,5$ dak. olmalıdır. Gelişme süresi 5 dakikanın altında bulunan unlardan elde edilecek hamurlar yoğurma sırasında yumuşayacaktır (Gwirtz, 1995). Sıcak tavlama sonucu elde edilen değerler daha büyüktür ve Gwirtz'in koyduğu limitlere daha yakındır. Aynı şekilde Avustralya buğdaylarına (AWB, 1998) benzer gelişme süreleri daha çok sıcak tavlama sonucu elde edilen hamurda görülmektedir (Tablo 4.8). Yalnız Avustralya buğdaylarının gelişme süreleri de ortalamanın üst sınırındadır. Ortalama gelişme süreleri değerleri düşüktür ve bu yüzden ekmek yapımında bu hususa dikkat edilmelidir. Gelişme süresinin değişik tavlama parametrelerinden etkilenmediği görülmektedir. Yalnızca sıcak tavlamanın ilk iki sürelerinde (12 saat ve 24 saat) gelişme süresi değerleri diğerlerine göre daha yüksek bulunmuştur.

Tablo 4.8. Bazı Avustralya Buğday Çeşitlerinin Reolojik Özellikleri (AWB, 1998)

	Su kaldırma, %	Gelişme süresi, dak	Stabilite, dak
QLD (Sert Ekmeklik Buğday)	61,5	9,2	>15
Kuzey NSW (Sert Ekmeklik Buğday)	62,3	8,0	>15

En düşük stabilite değeri (5,9 dak.) 12 saat soğuk tavlama ve 24 saat sıcak tavlama örneğinde gözlenirken, en yüksek stabilite değeri 36 saat soğuk tavlama gözlenmiştir - 6,5 dak. (Tablo 4.6 – Tablo 4.7). Değerler soğuk tavlama 5,9 dak. – 6,5 dak. arasında değişirken, sıcak tavlama 5,9 dak. – 6,3 dak. arasında değişmektedir.

Ekmek yapımında kullanılmak üzere öğütülen unların stabilite değeri $12 \pm 1,5$ dak. olmalıdır (Gwirtz, 1995). Her iki tavlama tipi sonucu elde edilen stabilite değerleri Gwirtz'in koyduğu limitlere yakın değildir. Stabilite gluten ile ilgilidir, bundan dolayı stabilite su verme, tavlama süreleri ve tavlama sıcaklıkları ile ilgili çıkmamıştır. Un örneklerinde gerçekleştirilen farinograf denemelerine göre (Tablo 4.6 – 4.7), protein içeriği ve gluten miktarı düşük olan unların stabilite değerleri de düşük bulunmuştur.

Araştırmada en düşük yumuşama derecesi değeri (59 BU) 36 saat sıcak tavlama örneklerinde gözlenirken, en yüksek yumuşama derecesi 24 saat soğuk tavlama gözlenmiştir - 65 BU (Tablo 4.6 – Tablo 4.7). Değerler soğuk tavlama 61 BU ile 65 BU arasında değişmektedir. Sıcak tavlama ise değerler 59 BU – 64 BU olarak gözlenebilir. Ekmek yapımında kullanılmak üzere öğütülen unların yumuşama derecesi 30 ± 10 BU olmalıdır (Gwirtz, 1995). Her iki tavlama tipi sonucu elde edilen hamurun yumuşama derecesi değerleri Gwirtz'in koyduğu limitlere yakın değildir, bu limitlerin üstündedir. Yumuşama derecesinin değişik tavlama parametrelerinden etkilenmediği görülmektedir.

4.2.3.2. Ekstensograf

Ekstensogram eğri tipi çeşit, çevre koşulları, protein miktarı ve kalitesi ve genel un özellikleriyle ilişkilidir (Boyacıoğlu 1999a). Ekstensograf denemelerinde 45 dakika sonunda elde edilen sonuçlar incelendiğinde, en düşük uzayabilirlik değeri (14,1 cm) 12 saat sıcak tavlama örneğinde gözlenirken, en yüksek uzayabilirlik değeri (14,9 cm) 48 saat soğuk tavlama da görülmektedir (Tablo 4.9 – Tablo 4.10). Ekstensograf denemelerinde 90 dakika sonunda elde edilen sonuçlar incelendiğinde, en düşük uzayabilirlik değeri (13,1 cm) 36 saat soğuk tavlama ve 12 saat sıcak tavlama örneğinde gözlenirken, en yüksek uzayabilirlik değeri (13,9 cm) 36 saat sıcak tavlama da görülmektedir (Tablo 4.9 – Tablo 4.10). Ekstensograf denemelerinde 135 dakika sonunda elde edilen sonuçlar incelendiğinde, en düşük uzayabilirlik değeri (11,5 cm) 12 saat sıcak tavlama örneğinde gözlenirken, en yüksek uzayabilirlik değeri (13,1 cm) 24 saat sıcak tavlama da görülmektedir (Tablo 4.9 – Tablo 4.10). Uzayabilirlik, değişik tavlama parametrelerinden etkilenmemiştir.

Ekstensograf denemelerinde 45 dakika sonunda elde edilen sonuçlar incelendiğinde, en düşük maksimum uzama direnci değeri (449 BU) 36 saat sıcak tavlama örneğinde gözlenirken, en yüksek maksimum uzama direnci değeri (498 BU) 12 saat soğuk tavlama da görülmektedir (Tablo 4.9 – Tablo 4.10). Ekstensograf denemelerinde 90 dakika sonunda elde edilen sonuçlar incelendiğinde, en düşük maksimum uzama direnci değeri (559 BU) 48 saat soğuk tavlama örneğinde gözlenirken, en yüksek maksimum uzama direnci değeri (645 BU) 12 saat sıcak tavlama da görülmektedir (Tablo 4.9 – Tablo 4.10). Benzer şekilde ekstensograf denemelerinde 135 dakika sonunda elde edilen veriler incelendiğinde, en düşük maksimum uzama direnci değeri (541 BU) 12 saat soğuk tavlama örneğinde gözlenirken, en yüksek maksimum uzama direnci değeri (613 BU) 36 saat sıcak tavlama da görülmektedir (Tablo 4.9 – Tablo 4.10). Analizlerin yapıldığı unları karşılaştırırken göze çarpan nokta şudur: soğuk tavlama örneklerinde maksimum direnç artan zamanla (45 dak, 90 dak, 135 dak) artma eğilimindedir. Ayrıca sıcak tavlama işlemine maruz kalan hamurlar soğuk tavlama maruz kalan hamurlara göre - özellikle 90 dak. ve 135 dak.- daha yüksek dirençlere sahiptir.

Tablo 4.9. Soğuk Tavlamanın Hamurun Ekstensogram Özelliklerine Etkisi¹

	Uzayabilirlik, cm	Maksimum direnç, BU	Enerji değeri, cm ²
12 saat – 45 dak	14,7	498	99
90 dak	13,8	594	106
135 dak	13,0	541	92
24 saat – 45 dak	14,4	477	92
90 dak	13,7	564	103
135 dak	13,0	594	101
36 saat – 45 dak	14,5	473	92
90 dak	13,1	586	101
135 dak	12,3	573	93
48 saat – 45 dak	14,9	471	98
90 dak	13,5	559	100
135 dak	12,6	578	94

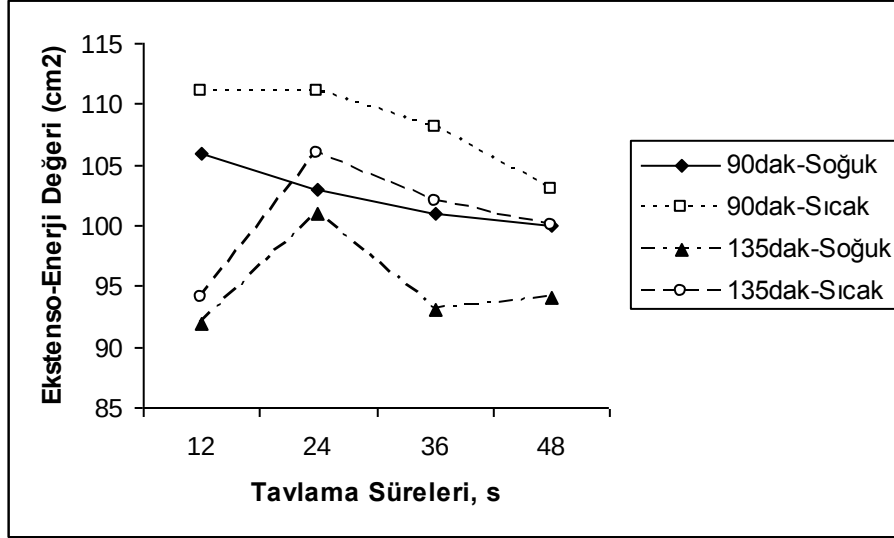
¹Sonuçlar iki tekrarın ortalamasıdır

Tablo 4.10. Sıcak Tavlamanın Hamurun Ekstensogram Özelliklerine Etkisi¹

	Uzayabilirlik, cm	Maksimum direnç, BU	Enerji değeri, cm ²
12 saat – 45 dak	14,1	488	90
90 dak	13,1	645	111
135 dak	11,5	600	94
24 saat – 45 dak	14,2	459	88
90 dak	13,6	613	111
135 dak	13,1	553	106
36 saat – 45 dak	14,5	449	86
90 dak	13,9	590	108
135 dak	12,6	613	102
48 saat – 45 dak	14,8	472	94
90 dak	13,7	585	103
135 dak	13,0	604	100

¹Sonuçlar iki tekrarın ortalamasıdır

Planimetre ile ölçülen ve cm^2 cinsinden rapor edilen enerji, ekstensogram eğrisinin altında kalan alandır. Çeşit, çevre, protein miktarı ve kalitesi ve genel un özellikleriyle ilişkilidir (Boyacıoğlu, 1999a). En yüksek enerji değeri (111 cm^2) sıcak tavlama, 12 saat-90 dak ve 24 saat-90 dak'da görülürken en düşük değer (86 cm^2) sıcak tavlama, 36saat-45 dak'da görülmüştür (Tablo 4.9 – Tablo 4.10). Ortalama değerler soğuk tavlama için 97 cm^2 , sıcak tavlama için 99 cm^2 dir. Özellikle 90 dak ve 135 dak sonunda elde edilen sıcak tavlama enerji değerleri ortalama olarak soğuk tavlama enerji değerlerinden daha yüksektir (Şekil 4.10). Soğuk tavlamadan elde edilen hamurlarda 90 dak değeri genelde diğer değerlerden (45 dak ve 135 dak) daha yüksek olarak bulunmuştur. Sıcak tavlama ise 90 dak ve 135 dak sonunda elde edilen enerji değerleri 45 dak sonudaki enerji değerlerinden her zaman daha yüksektir.



Şekil 4.10. Ekstensiyon-Enerji Değerinin Tavlama Süreleriyle Değişimi

Soğuk tavlama için baktığımızda, en büyük uzama ve direnç, 24 saat soğuk tavlama da görülmektedir. Tavlama için en uygun süre, optimum süre bu süredir. Enerji değeri de bunu desteklemektedir. Sıcak tavlama ise enerji değeri en yüksek değerler 36 saat ve 48 saattedir. Bu iki değerlerde enerji değeri aynı olduğundan direnç önem kazanmaktadır. Yalnız 48 saat tavlama da ortalama direnç değerleri 36 saatteki ortalama direnç değerlerine göre biraz daha yüksektir. Bu yüzden optimum yani en uygun tavlama süresi bu kategori için 48 saattir. Uzunluk değeri de bunu desteklemektedir.

5. TARTIŞMA

5.1. Un Verimi

Toplam un verimi, un pasajlarının uygun dağılımı ile nisbi olarak yüksek olmalıdır. Gaines ve diğ. (2000) artan buğday nem miktarları ile Quadrumat jr. laboratuvar değirmeninden elde edilen un veriminin azaldığını tespit etmiştir. Bizim araştırmamız da bu bulguyu desteklemektedir (Tablo 4.3).

Araştırmamızda değişik tavlama sürelerinin istatistiksel açıdan un verimi üzerine etkisi bulunmamıştır. Ancak değişik tavlama sıcaklıklarının istatistiksel olarak un verimi üzerinde etkili olduğunu söyleyebiliriz (Tablo 5.1, Tablo A.1). Araştırmamızda ayrıca un verimi üzerine sıcaklık $\times$ süre etkileşiminin istatistiksel olarak önemli olmadığı bulunmuştur (Tablo A.1). Gaines ve diğ. (2000), Obuchowski ve Bushuk (1980) ve Finney ve Andrews'un (1986) araştırmalarında değirmen olarak Brabender Quadrumat jr. kullanıldığından un verimi ticari değirmenlerine göre nispeten az kalmıştır. Aynı şekilde bizim araştırmamızda da buğday ve un özellikleri iyi olmasına rağmen normalde beklenen yüksek verime ulaşamamıştır. Sıcak tavlama un verimini az da olsa azaltacak etkiye sahiptir.

Kathuria ve Sidhu (1984) da araştırmalarında – buharlı ve yüksek basınçlı tavlamanın dışında – sıcak su tavlama uygulamalarının un verimi üzerine etkisi olduğunu belirtmektedirler. Araştırmacılara göre sıcaklık uygulaması kırma unu ve kepek verimini arttırmaktadır. Sıcaklık buğday tanesini ve endospermi yumuşatmakta ve böylece kırma unu verimi artmaktadır. Kırma unu ve kepek veriminin artışı literatürde de rapor edilmiştir (Mozzone 1971). Kepek veriminin artışı un veriminin azalmasını da beraberinde getirmekte, bu yüzden sıcaklık uygulamasında un verimi düşmektedir.

Tablo 5.1. Un Verimi¹

Sıcaklık	Süre (s)	Verim ² (%)
25°C	12	69,1a
	24	67,9a
	36	68,2a
	48	68,3a
45°C	12	67,5a
	24	67,4a
	36	67,5a
	48	67,5a

¹Sonuçlar iki tekrarın ortalamasıdır²Sıcaklığın etkisi istatistiksel olarak önemlidir (p=0,016)³p≤0,05 olasılık düzeyinde aynı harfi taşıyan ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık yoktur

5.2. Kimyasal Analizler

Varyans Analizine göre diğerlerinden farklı olarak kül analizi üzerine değişik tavlama sürelerinin etkileri istatistiksel olarak önemli görülmektedir (Tablo 5.2). Aynı şekilde istatistiksel olarak sıcaklık, kimyasal analizler arasında sadece kül analizi sonuçları üzerine etkilidir, fakat kimyasal özellikler üzerine sıcaklık × süre etkileşiminin istatistiksel olarak önemli olmadığı bulunmuştur (Tablo A.2 – A.9).

5.2.1. Nem Miktarı

Araştırmamızda değişik tavlama sürelerinin ve sıcaklıkların nem miktarı üzerine istatistiksel açıdan önemli bir etkisi bulunmamıştır (Tablo 5.2, Tablo A.2). Unun istenilen nem oranına (%16) yakın olduğu rahatlıkla görülmektedir. En yüksek nem miktarına sahip unlar, soğuk ve sıcak tavlama 36 saate görülmektedir. Yüksek nem miktarı depolamada sorun yaratacağından değirmenci tarafından istenmeyen bir özelliktir. Bundan dolayı 36 saat tavlama uygulandığında bu hususa dikkat edilmelidir.

Tablo 5.2. Unun Kimyasal Özellikleri¹

Sıcaklık	Süre saat	Nem %	Kül ² %	FN sn	Protein %	Yaş Gluten %	Gluten İndeks	Sed. cc	Uz. Sed. cc
25°C	12	14,75a	0,85a	425a	11,84a	32,0a	76,3a	21,3a	32,0a
	24	14,98a	0,78b	450a	11,70a	31,9a	76,0a	25,8a	33,5a
	36	15,05a	0,78b	456a	11,69a	31,6a	75,8a	24,5a	33,0a
	48	14,98a	0,75b	512a	11,62a	31,7a	75,0a	21,8a	31,3a
45°C	12	15,00a	0,77a	472a	11,59a	31,0a	74,5a	23,3a	31,8a
	24	14,80a	0,75b	465a	11,56a	31,1a	75,8a	23,5a	33,0a
	36	15,23a	0,72b	475a	11,58a	30,5a	78,0a	26,5a	33,5a
	48	14,93a	0,70b	478a	11,56a	30,7a	76,0a	25,0a	33,0a

¹Sonuçlar dört tekrarın ortalamasıdır²Sıcaklığın etkisi istatistiksel olarak önemlidir (p=0,000)³p≤0,05 olasılık düzeyinde aynı harfi taşıyan ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık yoktur

5.2.2. Kül Miktarı

Unun kül miktarı nisbeten düşük olmalıdır (D'Appolonia, 1982). Unun kül miktarı, undaki kepek miktarı ve bu nedenle de un verimi ile ilişkilidir. Yüksek kül miktarı, genellikle öğütmede yüksek oranda küçük ve cılız tane içeren düşük kaliteli bir buğdayın kullanıldığı veya öğütmenin tekniğine uygun olarak yapılmadığı anlamına gelmektedir (Boyacıoğlu, 1999a).

Araştırmamızda değişik tavlama sürelerinin kül miktarı üzerine istatistiksel açıdan önemli bir etkisi gözlenmiştir (Tablo 5.2, Tablo A.3). İstatistiksel analize göre 12 saatlik tavlama diğer tavlama sürelerine göre kül miktarını farklı şekilde etkilemiştir. 12 saatlik tavlama kül miktarında artışa neden olmaktadır. Diğer 24 saat, 36 saat ve 48 saatlik uygulamalar birbirinden farklı değildir. Aynı şekilde istatistiksel açıdan bakıldığında değişik tavlama sıcaklıklarının kül üzerinde de etkisinin olduğunu söyleyebiliriz. Bizim araştırmamızda bulunan kül miktarları oldukça yüksektir. Artan tavlama süreleri ile kül miktarının azalması suyun dağılımı ile açıklanabilmektedir. Daha uzun tavlama sürelerinde su daha iyi dağılabilmekte, su dağılımı daha uniform olmaktadır. Bu yüzden bu uzun tavlama sürelerinde külce zengin kepeğin

ayrıştırılması daha kolay olabilmektedir. Araştırmamızda unun kül miktarı sıcak su ile muamele edildiğinde önemli derecede azalmıştır. Bu bulguyu Kathuria ve Sidhu'nun (1984) araştırması da desteklemektedir. Sıcak tavlama da kullanılan yüksek sıcaklık su dağılımını hızlandırmış, bu şekilde kısa sürede bile (12 saat) kepek endospermden daha iyi ayrıştırılabilmiş ve kül miktarı soğuk tavlamaya göre azalmıştır.

5.2.3. Düşme Sayısı

Düşme sayısı alfa-amilaz enziminin aktivitesinin ölçümüdür. Genellikle 250 saniye veya daha fazla düşme sayısı istenir. Yığın içindeki çimlenmiş buğday tanelerinin miktarı ile ilişkilidir (D'Appolonia, 1982). Hamurun fermente edilebilirliği unun alfa-amilaz enzim aktivitesince etkilendiği için bu enzimin aktivitesinin bilinmesi önemlidir (Boyacıoğlu, 1999a).

Bu çalışmada değişik tavlama sürelerinin ve sıcaklıkların düşme sayısı üzerine istatistiksel açıdan önemli bir etkisi bulunmamıştır (Tablo 5.2, Tablo A.4). Sidhu ve diğ. (1989) araştırmasına göre düşme sayısı 320 – 410 sn arasında değişmektedir. Araştırmacılara göre un öğütmede daha ince bir un elde edilmeye çalışılırsa düşme sayısı da düşmekteydi.

Araştırmamızda gözlemlenen artan tavlama süreleriyle ve tavlama sıcaklıklarıyla düşme sayılarının da değişmediğidir. Yani değişik tavlama süreleri ve sıcaklıkları düşme sayısını etkilememiştir. Düşme sayısını oluşturan alfa-amilaz bir enzimdir ve enzimlerin aktivitesi bulundukları ortamın sıcaklığına göre değişmektedir. Yalnız uyguladığımız yüksek sıcaklık (45°C) amilaz enziminin aktivitesini etkileyebilecek kadar yüksek değildir. Bu bakımdan sıcak tavlama rahatlıkla uygulanabilir.

5.2.4. Protein Miktarı

Protein miktarı her zaman birinci derecede önemli bir faktör olmuştur. Dünyanın birçok yerinde buğdayın ekonomik değerinin belirlenmesinde temel kriterdir. Genelde, yüksek protein içeriği ekmek yapımı için daha fazla ekonomik değere sahiptir. Fazla miktarda olması istenen protein, sınıf, çeşit ve çevre koşulları ile ilişkilidir (D'Appolonia, 1982). Sienvet ve Kingswood'a (1977) göre alöron altı bölgedeki protein miktarı oldukça yüksektir ve bu yapı düzenli bir yapıya ve su dağılımını engelleyici özelliğe neden olmaktadır. Protein matrisi nişasta granülleri ile

ne kadar yakın bir yapıdaysa, o derecede endosperm sertliği artar ve su dağılımı hızı azalır. Değişik protein içerikleri ekmek pişme hacmi üzerine de etkilidir. Buna göre ekmek pişme hacmiyle protein miktarı doğru orantılıdır (Lindhauer, 1999). Bu orantıya bir protein olan gluten neden olmaktadır.

Araştırmamızda değişik tavlama sürelerinin ve sıcaklıkların protein miktarı üzerine istatistiksel olarak önemli bir etkisi bulunmamıştır (Tablo 5.2, Tablo A.5). Protein miktarı değirmenci için en önemli kalite faktörlerinden biridir. Uygulanan yüksek sıcaklık (45°C) proteinin denatüre olmasına yol amamış, protein bozulmamıştır. Bu bakımdan sıcak tavlama rahatlıkla uygulanabilir.

5.2.5. Yaş Gluten ve Gluten İndeks-GI

Gluten miktarı buğday ve unda bir kalite faktörüdür. Yaş gluten değeri aynı zamanda diğer bir kalite faktörü olan su bağlama kapasitesinin de bir ölçümüdür. Gluten testi aynı zamanda buğdaydaki tahribatı da tayin edebilir. Isı ve böcek tahribatı yaş gluten miktarını azaltarak glutenin su bağlama yeteneğinde kayba neden olabilir. Glutenin kalitesinin tayini ise yakın zamanlarda geliştirilen Gluten İndeks yöntemi ile gerçekleştirilmektedir (Boyacıoğlu, 1999a).

Araştırmamızda değişik tavlama sürelerinin ve sıcaklıkların yaş gluten ve Gluten İndeks zerine istatistiksel açıdan önemli bir etkisi bulunmamıştır (Tablo 5.2, Tablo A.6 – A.7). Yani uygulanan yüksek tavlama sıcaklığı (45°C), bir protein olan glutenin bozulmasına yol açmamıştır. Yüksek gluten hamurun kuvvetini arttırır, hamurun yoğurmaya ve fermentasyona toleransını geliştirir ve ekmek hacmini arttırır. Elde edilen unların yaş gluten değerleri yüksek bulunmuştur. Glutenin kalitesinin tayini ise Gluten İndeks yöntemi ile belirlenmektedir. Elde edilen Gluten İndeks sdeğerleri optimum düzeylerde, Gluten İndeks değerleri uniformdur. Gluten İndeks tavlama sıcaklıklarından ve sürelerinden etkilenmemiştir.

5.2.6. Sedimentasyon – Uzatılmış Sedimentasyon

Araştırmamızda değişik tavlama sürelerinin ve sıcaklıkların sedimentasyon üzerine istatistiksel açıdan önemli bir etkisi bulunmamıştır (Tablo 5.2, Tablo A.8 – A.9). Sedimentasyon gluten ve kalitesi hakkında fikir verdiği için mevcut Guten İndeks değerleriyle karşılaştırabiliriz. Yüksek GI değerlerinde sedimentasyon değerleri de yüksek çıkmıştır. Bu bulgu özellikle sıcak tavlama sonuçlarında açıkça

görülmektedir. Tavlama parametreleri ile uzatılmış sedimentasyon arasında bir ilişki bulunamamıştır. Uzatılmış sedimentasyon değerlerine bakıldığında unda süne tahribatının olmadığı görülür.

5.3. Fiziksel Hamur Denemeleri

Araştırmamızda değişik tavlama sürelerinin ve sıcaklıkların farinograf ve ekstensograf değerleri üzerine istatistiksel olarak önemli bir etkisi bulunmamış, ayrıca hamurun fiziksel özellikleri üzerine sıcaklık $\times$ süre etkileşiminin istatistiksel olarak önemli olmadığı bulunmuştur (Tablo 5.3, Tablo A.10 – A.22).

Tablo 5.3. Farinogram Sonuçları¹

Sıcaklık	Süre saat	Su Kaldırma %	Gelişme Süresi dak	Stabilite dak	Yumuşama BU
25°C	12	61,05a	3,5a	5,9a	61,0a
	24	61,05a	3,6a	6,3a	65,0a
	36	60,95a	3,5a	6,5a	62,5a
	48	60,85a	3,5a	6,0a	61,0a
45°C	12	60,80a	3,9a	6,1a	61,5a
	24	60,95a	3,8a	5,9a	64,0a
	36	60,80a	3,5a	6,3a	58,5a
	48	60,85a	3,6a	6,2a	61,5a

¹Sonuçlar iki tekrarın ortalamasıdır

² $p \leq 0,05$ olasılık düzeyinde aynı harfi taşıyan ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık yoktur

5.3.1. Farinograf

Su kaldırma değeri genel olarak ekmekçilik için önemli bir faktördür (Kruger, 1996). Araştırmamızda değişik tavlama sürelerinin ve sıcaklıkların su kaldırma üzerine istatistiksel açıdan önemli bir etkisi bulunmamıştır (Tablo 5.3, Tablo A.10). En yüksek su kaldırma değeri her iki tavlamada 24 saat sonunda gözlemlenmiştir. Bunun dışında artan süre ve yüksek sıcaklık su kaldırmayı etkilememiştir.

Bir hamurun gelişme süresi çok kısa ise bu hamur yoğurma sırasında dikkat edilmediği takdirde yumuşayıp parçalanabilirken, çok uzun gelişme süresine sahip hamurlar ise üretimi geciktirme, daha fazla enerji gerektirmekte dolayısı ile maliyeti artırmaktadırlar (Boyacıoğlu, 1996). Araştırmamızda değişik tavlama sürelerinin ve sıcaklıkların gelişme süresi üzerine istatistiksel açıdan önemli bir etkisi bulunmamıştır (Tablo 5.3, Tablo A.11). Gelişme süresi değişik tavlama parametrelerinden etkilenmemiştir. Uzun hamur gelişme süresi, genellikle iyi bir pişme performansının göstergesi olmakla beraber, artan yoğurma süresinin sebep olduğu ilave maliyet ve üretimdeki gecikmeden dolayı fırıncı için bir dezavantaj oluşturmaktadır.

Farinograf stabilite değeri hamurun kuvvetini göstermektedir. Stabilitenin nisbi olarak yüksek olması istenir, çeşit, çevre koşulları, protein miktarı, protein kalitesi ve genel un özellikleri ile ilişkilidir (Boyacıoğlu, 1999a). Yoğurmaya tolerans veya stabilite; istenilen kıvama gelmiş hamurun yapısının bozulması için gereken mekanik uygulamanın miktarını zaman cinsinde açıklar ve unun yoğurmaya karşı direncinin bir ifadesidir. En çok arzu edilen un tipi nispeten kısa yoğurma süresine sahip fakat iyi bir stabiliteye sahip olan unlar olmaktadır (Boyacıoğlu, 1996). Kısa stabilite ekmek yapımının son aşamalarında zayıf mekanik özelliklere sebep olacağından ekmek kalitesini olumsuz etkilemektedir (Pratt, 1970). Araştırmamızda değişik tavlama sürelerinin ve sıcaklıkların stabilite üzerine istatistiksel açıdan önemli bir etkisi bulunmamıştır (Tablo 5.3, Tablo A.12). Stabilite yukarıda belirtildiği gibi glutene yani proteine bağlıdır. Bu nedenle yapılan analizlerde protein içeriği ve gluten miktarı düşük olan unların stabilite değerleri de düşük bulunmuştur.

Yumuşama derecesi çeşit, çevre koşulları, protein miktarı, protein kalitesi ve genel un özellikleriyle ilişkilidir (Boyacıoğlu, 1999a). Araştırmamızda değişik tavlama sürelerinin ve sıcaklıkların yumuşama derecesi üzerine istatistiksel açıdan önemli bir etkisi bulunmamıştır (Tablo 5.3, Tablo A.13). Yumuşama derecesinin değişik tavlama parametrelerinden etkilenmediği görülmektedir.

5.3.2. Ekstensograf

Ekstensograf uzayabilirlik değeri, ekmek yapımı için önemli bir faktör olup hamurun açılma işlemi sırasında zedelenmemesi için belli bir seviyenin üstünde olması arzu edilmektedir (Miskelly, 1998). Ekmek yapım performansı söz konusu olduğunda

uzayabilirlik ile hamurun şekil verme ve son fermentasyon işlemleri sırasındaki akış yeteneği arasında ilişki kurulur. Ekmek yapımı için istenen bir hamur nisbi olarak uzayabilmelidir. Çok fazla uzayabilirlik belki de makine ile hiç işlenmeyecek zayıf, cıvık bir hamur verecektir (Boyacıoğlu, 1996). Araştırmamızda uygulanan değişik tavlama sürelerinin ve sıcaklıkların uzayabilirlik üzerine etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır (Tablo 5.4, Tablo A.14 – A.16). Araştırmamızda 45 dakikadan 135 dakikaya bir artış olduğunda uzayabilirliğin de o tavlama uygulaması için azaldığını görebiliyoruz. Bu bulgu beklenmektedir. Artan süreyle hamur sertleşmektedir ve daha az uzayabilmektedir. Bunun dışında artan süre ve yüksek sıcaklık uzayabilirliği etkilememiştir.

Uzamaya karşı direnç hamurun stres altında (son fermentasyon ve taşınma sırasında) dayanma yeteneğini göstermektedir (Boyacıoğlu, 1996). Ekmek yapımı için istenen bir hamur çekmeye karşı iyi bir direnç verebilmelidir. Çok fazla direnç makine ile işlemede zorluk yaratacak ve sert bir hamur verecektir (Boyacıoğlu, 1994). Araştırmamızda uygulanan değişik tavlama sürelerinin ve sıcaklıkların maksimum direnç üzerine etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır (Tablo 5.4, Tablo A.17 – A.19). Bunun dışında araştırmamıza göre artan zamanla (45 dak, 90 dak ve 135 dak) direnç artmaktadır. Artan ekstensograf bekleme süreleri ile (45 dak, 90 dak ve 135 dak) hamur sertleşmektedir ve bu yüzden direnci artmaktadır (Seibel ve diğ., 1992).

Araştırmamızda uygulanan değişik tavlama sürelerinin ve sıcaklıkların enerji değeri üzerine etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır (Tablo 5.4, Tablo A.20 – A.22). Enerji değeri ekstensogram eğrisinin altında kalan alandır. Bu alan, maksimum direncin artmasıyla veya azalmasıyla değişmektedir. Yukarıda belirtildiği gibi maksimum direnç değişik tavlama parametrelerinden etkilenmemektedir. Bu yüzden, aynı şekilde değişik tavlama parametrelerinin enerji değeri üzerine etkisi yoktur.

Tablo 5.4. Ekstensogram Sonuçları¹

Sıcak- lık	Süre (s)	Uzama kabiliyeti (cm)			Maksimum direnç (BU)			Enerji değeri (cm ²)		
		45dak	90dak	135dak	45dak	90dak	135dak	45dak	90dak	135dak
25°C	12	14,7a	13,8a	13,0a	498a	594a	541a	99a	106a	92a
	24	14,4a	13,7a	13,0a	477a	564a	594a	92a	103a	101a
	36	14,5a	13,1a	12,3a	473a	586a	573a	92a	101a	93a
	48	14,9a	13,5a	12,6a	471a	559a	578a	98a	100a	94a
45°C	12	14,1a	13,1a	11,5a	488a	645a	600a	90a	111a	94a
	24	14,2a	13,6a	13,1a	459a	613a	553a	88a	111a	106a
	36	14,5a	13,9a	12,6a	449a	590a	613a	86a	108a	102a
	48	14,8a	13,7a	13,0a	472a	585a	604a	94a	103a	100a

¹Sonuçlar iki tekrarın ortalamasıdır²p≤0,05 olasılık düzeyinde aynı harfi taşıyan ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık yoktur

Kısaca özetlediğimizde, araştırmamızda uyguladığımız değişik tavlama parametrelerinin etkisi aşağıdaki gibi incelenebilmektedir:

Tablo 5.5. Tavlama Parametrelerinin Etkileri

Sürenin		Sıcaklığın	
Avantajı	Dezavantajı	Avantajı	Dezavantajı
Artan tavlama süreleriyle kül miktarı azalmaktadır	–	Daha kısa tavlama süreleri Artan sıcaklık ile kül miktarı azalmaktadır Sıcaklıktan protein ve gluten etkilen - memektedir, ikisi de bozulmaz	Artan tavlama sıcaklığı ile un verimi azal - maktadır

6. SONUÇLAR

Bu çalışmada değişik tavlama sürelerinin ve sıcaklıkların ekmeklik buğdayın un verimi, un özellikleri ve fiziksel hamur özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir. Materyal olarak kırmızı ve beyaz iki ekmeklik buğday çeşidi kullanılmış, buğday örnekleri ve öğütme sonucu elde edilen un örnekleri kimyasal ve reolojik analizlere tabi tutulmuştur.

Buğday çeşitlerinin ve/veya ekim yerlerinin uygun seçimi uniform, tekdüze devamlı un üretimi için gereklidir. Bequette (1989) buğdayın ve unun her önemli fonksiyonel özelliğın aynı zamanda çevresel faktörlerden önemli derecede etkilenen bir çeşit özelliğı olduğunu göstermiştir. Buğdayın öğütme özelliklerini kesin olarak önceden tahmin etmek için bir tek fiziksel test yeterli değildir. Tekdüze kalitede bir un eldesi ayrıca iyice kontrol edilen tavlama uygulamalarına gerek duymaktadır.

Un örneklerinin test sonuçlarına uygulanan istatistiksel analizlerde değişik sürelerde tavlamanın unun kül miktarı üzerine etkili olduğu görölmüştür. Bu nedenle, artan tavlama süreleriyle kül miktarının azalması, tavlama süresinde dikkat edilecek bir konu olmalıdır.

Un örneklerinde yapılan istatistiksel analizlerde sıcak tavlamanın un verimi ve kül miktarı üzerinde etkili olduğu görölmektedir. Varyans analizi sonucunda sıcaklığın etkisinin araştırıldığı bu veriler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır. Sıcak tavlamanın un verimini düşürücü etkisi vardır. Diğer taraftan da sıcak tavlama, tavlama süresini ve kül miktarını azaltmaktadır ve sıcak tavlamanın, değirmenci açısından son derece önemli olan protein miktarı ve gluten miktarı ve kalitesi üzerine negatif bir etkisi yoktur. Bu yöntem kullanıldığında yukarıda sayılan hususlara dikkat edilmelidir.

Un örnekleri üzerine yapılan istatistiksel analizde sıcaklık $\times$ süre etkileşimi de incelenmiş, ancak tüm kimyasal ve fiziksel özelliklerde böyle bir etkileşimin söz konusu olmadığı görölmüştür.

Sıcak tavlama, değirmenci tarafından süre kısıtlı olduğunda kullanılabilir. Ayrıca bu yöntem undaki kül miktarını da azaltmaktadır ki bu olay değirmenci için olumlu bir gelişmedir. Ancak beraberinde gelecek un veriminin azalması gibi önemli bir dezavantaj da göze alınmalıdır.

Çalışmamızda sıcak tavlama koşulu olarak 45°C sıcaklık seçilmiştir. Bundan sonra yapılacak çalışmalarda yüksek sıcaklıkta (70°C) tavlamanın etkileri üzerine yoğunlaşılmasında yarar görülmektedir. Bu uygulamada tavlama daha kısa sürede gerçekleştirilebilecek, ancak beraberinde buğdayın gluten ve ekmekçilik değerlerinin zarar görmesi gibi ciddi sorunlar da getirebileceğinden bu durumun incelenmesi yararlı olacaktır.

KAYNAKLAR

- AACC**, 1995. Approved Methods of the AACC, 9th edititon. Methods 08-01, 24-07, 26-50, 26-95, 38-12, 46-11A, 54-10, 54-21, 56- 81B, St Paul, MN.
- Anonymus**, 1999. Türk Gıda Kodeksi Buğday Unu Tebliği. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı. 17 Şubat 1999 tarih, 23614 sayılı Resmi Gazete. Ankara.
- AWB**, 1998. Australian Wheat Report: Australian Wheat Board, Melbourne. Vic. Avustralya
- Bequette, R. K.**, 1989. Influence of Variety and “Environment” on Wheat Quality, *Association of Operative Millers Bulletin*, p. 5443-5450.
- Blum, P. H., Panos, G., Smith, R. J.**, 1960. Measurement of hardness of barley and malt with the Brabender hardness tester, *Am. Soc. Brewing Chem., Proc.*, **18**, 95-100.
- Bolling, H., Zwingelberg, H.**, 1988. Zur Beurteilung der Mahlfähigkeit von Durumweizen, *Getreide, Mehl und Brot*, **11(3)**, 330-334.
- Boyacıoğlu, M.H.**, 1994. Ekmeklik ve Makarnalık Buğday Kalitesi Değirmencilik Eğitim Semineri, Nisan, İstanbul.
- Boyacıoğlu, M.H.**, 1996. Unların ekmek yapım performanslarının tahminlenmesi, *Gıda Sanayii Dergisi*. **1(1)**, 12-17.
- Boyacıoğlu, M.H.**, 1999a. Gıda İşleme Prosesleri III. İ.T.Ü Gıda Mühendisliği Bölümü, Basılmamış Ders Notları, İstanbul.
- Boyacıoğlu, M.H.**, 1999b. Buğdaylarda Standart Derece Özellikleri ve Kalite Kriterleri, Gıda Mühendisliği Laboratuvarı Deney Föyü, Gıda Mühendisliği Bölümü, İ.T.Ü, İstanbul.

- Cornell, H.J., Hoveling, A.W.**, 1998. Wheat-Chemistry and Utilization, Technomic Pub. Comp. Inc., Pennsylvania, A.B.D.
- D'Appolonia, B.L.**, 1982. A look at a Hard Red Spring Wheat Quality testing program and the factors involved, *Cereal Chem & Tech*, NDSU, Fargo, ND, 1-7.
- Elgün, A.**, 1997. Tahıl İşleme Teknolojisi, Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Yay., 3. baskı, Erzurum.
- Finney, K.F., Bolte, L.C.**, 1985. Experimental Micromilling: Reduction of tempering time of wheat 18-24 hours to 30 minutes, *Cereal Chemistry*, **62(6)**, 454-458.
- Finney, K.F., Andrews, L.**, 1986. A 30-Minute conditioning method for micro-, intermediate- and large-scale experimental milling of Soft Red Winter Wheat, *Cereal Chemistry*. **63(1)**, 18-21.
- Gaines, C. S., Finney, P. L., Andrews, L. C.**, 1997. Influence of kernel size and shriveling on soft wheat milling and baking quality, *Cereal Chemistry*, **74(6)**, 700-704.
- Gaines, C. S., Finney, P. L., Andrews, L. C.**, 2000. Developing agreement between very short and longer flow test wheat mills, *Cereal Chemistry*, **77(2)**, 187-192.
- Gwartz, J.**, 1995. Flour Quality Control for the Milling and Baking Industries, Ass. of Operative Millers – *Bulletin*, Şubat, 6509-6515.
- Hlynka, I.**, 1974. Wheat – Chemistry and Technology, Am. Assoc. Cereal Chemists Inc., St. Paul, MN, A.B.D.
- Hoseney, C.**, 1990. Principles of Cereal Science and Technology, Am. Assoc. Cereal Chemists Inc., Second ed, St. Paul, MN, A.B.D.
- Jun, W.J., Seib, P.A. and Chung, O.K.**, 1998. Characteristics of noodle and bread flours from Japan, *Cereal Chemistry*, **75(6)**, 820-826.
- Kathuria, D.K., Sidhu, J.S.**, 1984. Indian Durum Wheats. I. Effect of conditioning treatments on the milling quality and composition of semolina, *Cereal Chemistry*, **61(5)**, 460-462.

- Kent, N. L.**, 1976. Technology of Cereals, Pergamon Press, Oxford.
- Kruger, J.E.**, 1996. What can we learn from the chemistry of breadbaking? *Pasta&Noodle Technology*, p.157-168, Am. Assoc. Cereal Chemists Inc., St. Paul, MN, A.B.D.
- Li, Y.Z., Posner, E.S.**, 1987. The influence of kernel size on wheat millability, *Assoc. Oper. Millers Bull*, Kasım, 5089-5098.
- Lindhauer, M.G.**, 1999. Gute Weizenqualität erzeugt, *Bauernzeitung*, **42**, 15-16.
- Meppelink, E.K.**, 1974. Untersuchungen über die Methodik der Kornhärtebestimmung bei Weizen, *Getreide, Mehl und Brot*, **28(2)**, 142-149.
- Miller, B.S., Hughes, J.W., Afework, S., Pomeranz, Y.**, 1981. A method to determine hardness and work of grinding wheat, *J. Food Sci*, **46**, 1851-1854.
- Miskelly, D.**, 1998. Modern noodle based foods-raw material needs, *Pacific People and Their Food*, p. 123-142, Am. Assoc. Cereal Chemists Inc., St. Paul, MN, A.B.D.
- Mozzone, P.G.**, 1971. Wheat Conditioning and preparing for milling: Steam Conditioning, *Journal of Cereal Science*, **4**, 65-72
- Newton, R., Cook, W.H., Malloch, J.G.**, 1927. The hardness of the wheat kernel in relation to protein content, *Sci. Agric*, **8**, 205-219.
- Obuchowski, W., Bushuk, W.**, 1980. Wheat Hardness: Comparison of methods of its evaluation, *Cereal Chemistry*, **57(4)**, 421-425.
- Özkaya, H., Kahveci, B.**, 1990. Tahıl ve ürünleri analiz yöntemleri, *Gıda Teknolojisi Derneği*, No:14, 32-41.
- Pomeranz, Y., Afework, S.**, 1984. The effects of kernel size in plump and shrunken kernels, and of sprouting, on kernel hardness in wheat, *J. Food Sci*, **2**, 119-126.

- Pomeranz, Y., Peterson, C.J., Mattern, P.J.,** 1985. Hardness of winter wheats grown under widely different climatic conditions, *Cereal Chemistry*, **62(4)**, 463-467.
- Posner, S., Hibbs, A.N.,** 1997. Wheat Flour Milling. Am. Assoc. Cereal Chemists Inc., St. Paul, MN, A.B.D.
- Pratt, Jr. D. B.,** 1970. Choosing the right flour, *The Baker's Digest*, Ekim, 56-59.
- Sandhu, R., Kocken, E., Axtell, B.,** 1994. Cereal Processing, Intermediate Tech. Pub., London.
- Seibel, W., Brümmer, J.M., Morgenstern, G.,** 1992. Erfahrungen mit Getreidemahlerzeugnissen der Ernte 1992, *Allgemeine Baecker-Zeitung*, **47(44)**, 3-6.
- Shi, Y.-C., Seib, P.A., Bernadin, J.E.,** 1994. Effects of temperature during grain filling on starches from six wheat cultivars, *Cereal Chemistry*, **71(3)**, 369-383.
- Shuey, W.C., Giles, K.A.,** 1973. Milling evaluation of Hard Red Spring Wheats. Relation of wheat protein, wheat ash, bran pentose, and starch on bran to milling results, *Cereal Chemistry*, **50(1)**, 37-43.
- Sienvert, N.I., Kingswood K.,** 1976. An autoradiographic demonstration of the penetration of water during tempering, *Cereal Chemistry*, **53(2)**, 141-149.
- Sienvert, N.I., Kingswood K.,** 1977. Factors influencing the rate of moisture penetration into wheat during tempering, *Cereal Chemistry*, **54(3)**, 627-637.
- Simmons, D.H.,** 1989. Wheat and Wheat Quality in Australia, William Brooks Queensland, Australia.
- TS-2974,** 1978. Buğday Standardı, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- TS-6531,** 1989. Tahıllar – Hektolitre Ağırlığı Tayini (Referans Metot), *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.

Winkler, R., Botterbrodt, S., Rabe, E., 2000. Stickstoff-/Proteinbestimmung mit der Dumas-Methode in Getreide und Getreideprodukten, *Getreide, Mehl und Brot*, **54(2)**, 86-91.

Yamazaki, W.T., Andrews, L.C., 1982. Small-Scale milling to estimate the milling quality of Hard Wheat Cultivars and breeding lines, *Cereal Chemistry*, **59(4)**, 270-272.

EKLER

EK A. Varyans Analizi Sonuçları

Tablo A.1. Verim ve Sıcaklık ile Süre Arasında Varyans Analiz Sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	Olasılık
Sıcaklık	1	3,331	3,331	9,20	0,016
Süre	3	0,872	0,291	0,80	0,526
Sıcaklık × Süre	3	0,587	0,196	0,54	0,668
Hata	8	2,895	0,362		
Toplam	15	7,684			

$p \leq 0,05$ olasılık düzeyinde önemlidir

Tablo A.2. Nem ve Sıcaklık ile Süre Arasında Varyans Analiz Sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	Olasılık
Sıcaklık	1	0,020	0,020	0,24	0,628
Süre	3	0,353	0,118	1,42	0,262
Sıcaklık × Süre	3	0,233	0,078	0,93	0,439
Hata	16	1,990	0,083		
Toplam	31	2,595			

$p \leq 0,05$ olasılık düzeyinde önemlidir

Tablo A.3. Kül ve Sıcaklık ile Süre Arasında Varyans Analiz Sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	Olasılık
Sıcaklık	1	0,025	0,025	21,50	0,000
Süre	3	0,031	0,010	8,84	0,000
Sıcaklık × Süre	3	0,003	0,001	0,81	0,503
Hata	16	0,028	0,001		
Toplam	31	0,086			

$p \leq 0,05$ olasılık düzeyinde önemlidir

Tablo A.4. Düşme Sayısı ve Sıcaklık ile Süre Arasında Varyans Analiz Sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	Olasılık
Sıcaklık	1	1058	1058	0,28	0,599
Süre	3	9694	3231	0,87	0,472
Sıcaklık × Süre	3	6696	2232	0,60	0,622
Hata	16	89557	3732		
Toplam	31	107006			

$p \leq 0,05$ olasılık düzeyinde önemlidir

Tablo A.5. Protein ve Sıcaklık ile Süre Arasında Varyans Analiz Sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	Olasılık
Sıcaklık	1	0,160	0,160	0,15	0,700
Süre	3	0,067	0,022	0,02	0,996
Sıcaklık × Süre	3	0,036	0,012	0,01	0,998
Hata	16	25,231	1,051		
Toplam	31	25,493			

$p \leq 0,05$ olasılık düzeyinde önemlidir

Tablo A.6. Yaş Gluten ve Sıcaklık ile Süre Arasında Varyans Analiz Sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	Olasılık
Sıcaklık	1	7,800	7,800	0,73	0,401
Süre	3	1,430	0,477	0,04	0,987
Sıcaklık × Süre	3	0,120	0,040	0,00	1,000
Hata	16	255,80	1,666		
Toplam	31	265,16			

$p \leq 0,05$ olasılık düzeyinde önemlidir

Tablo A.7. Gluten İndeks ve Sıcaklık ile Süre Arasında Varyans Analiz Sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	Olasılık
Sıcaklık	1	0,800	0,800	0,00	0,967
Süre	3	11,100	3,700	0,01	0,999
Sıcaklık × Süre	3	17,600	5,867	0,01	0,998
Hata	16	10445,2	435,217		
Toplam	31	10474,7			

$p \leq 0,05$ olasılık düzeyinde önemlidir

Tablo A.8. Sedimentasyon ve Sıcaklık ile Süre Arasında Varyans Analiz Sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	Olasılık
Sıcaklık	1	12,500	12,5000	2,17	0,153
Süre	3	48,625	16,208	2,82	0,060
Sıcaklık × Süre	3	34,750	11,583	2,01	0,139
Hata	16	138,000	5,750		
Toplam	31	233,875			

$p \leq 0,05$ olasılık düzeyinde önemlidir

Tablo A.9. Uzatılmış Sedimentasyon ve Sıcaklık ile Süre Arasında Varyans Analiz Sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	Olasılık
Sıcaklık	1	1,120	1,12	0,04	0,850
Süre	3	12,750	4,250	0,14	0,936
Sıcaklık × Süre	3	6,120	2,040	0,07	0,977
Hata	16	737,500	30,729		
Toplam	31	757,50			

$p \leq 0,05$ olasılık düzeyinde önemlidir

Tablo A.10. Farinograf Denemesi – Su Kaldırma ve Sıcaklık ile Süre Arasında Varyans Analiz Sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	Olasılık
Sıcaklık	1	0,023	0,023	0,44	0,526
Süre	3	0,073	0,024	0,47	0,710
Sıcaklık × Süre	3	0,073	0,024	0,47	0,710
Hata	8	0,410	0,051		
Toplam	15	0,578			

$p \leq 0,05$ olasılık düzeyinde önemlidir

Tablo A.11. Farinograf Denemesi – Gelişme Süresi ve Sıcaklık ile Süre Arasında Varyans Analiz Sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	Olasılık
Sıcaklık	1	0,076	0,076	0,02	0,902
Süre	3	0,107	0,036	0,01	0,999
Sıcaklık × Süre	3	0,072	0,024	0,01	0,999
Hata	8	37,695	4,712		
Toplam	15	37,949			

$p \leq 0,05$ olasılık düzeyinde önemlidir

Tablo A.12. Farinograf Denemesi - Stabilite ve Sıcaklık ile Süre Arasında Varyans Analiz Sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	Olasılık
Sıcaklık	1	0,010	0,010	0,00	0,985
Süre	3	0,040	0,133	0,01	0,999
Sıcaklık × Süre	3	0,250	0,083	0,00	1,000
Hata	8	206,870	25,859		
Toplam	15	207,540			

$p \leq 0,05$ olasılık düzeyinde önemlidir

Tablo A.13. Farinograf Denemesi – Yumuşama Derecesi ve Sıcaklık ile Süre Arasında Varyans Analiz Sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	Olasılık
Sıcaklık	1	4,000	4,000	0,01	0,932
Süre	3	38,200	12,733	0,02	0,994
Sıcaklık × Süre	3	13,500	4,500	0,01	0,999
Hata	8	4082,000	510,250		
Toplam	15	4137,700			

$p \leq 0,05$ olasılık düzeyinde önemlidir

Tablo A.14. Ekstensograf Denemesi – Uzayabilirlik (45 dak) ve Sıcaklık ile Süre Arasında Varyans Analiz Sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	Olasılık
Sıcaklık	1	0,160	0,160	0,05	0,834
Süre	3	0,665	0,222	0,06	0,977
Sıcaklık × Süre	3	0,195	0,065	0,02	0,996
Hata	8	27,310	3,414		
Toplam	15	28,330			

$p \leq 0,05$ olasılık düzeyinde önemlidir

Tablo A.15. Ekstensograf Denemesi – Uzayabilirlik (90 dak) ve Sıcaklık ile Süre Arasında Varyans Analiz Sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	Olasılık
Sıcaklık	1	0,006	0,006	0,00	0,960
Süre	3	0,097	0,032	0,02	0,997
Sıcaklık × Süre	3	1,097	0,366	0,17	0,911
Hata	8	16,815	2,102		
Toplam	15	18,014			

$p \leq 0,05$ olasılık düzeyinde önemlidir

Tablo A.16. Ekstensograf Denemesi – Uzayabilirlik (135 dak) ve Sıcaklık ile Süre Arasında Varyans Analiz Sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	Olasılık
Sıcaklık	1	0,141	0,141	0,10	0,760
Süre	3	1,452	0,484	0,34	0,795
Sıcaklık × Süre	3	2,357	0,786	0,56	0,658
Hata	8	11,295	1,412		
Toplam	15	15,244			

$p \leq 0,05$ olasılık düzeyinde önemlidir

Tablo A.17. Ekstensograf Denemesi – Maksimum Direnç (45 dak) ve Sıcaklık ile Süre Arasında Varyans Analiz Sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	Olasılık
Sıcaklık	1	702	702	0,22	0,655
Süre	3	2283	761	0,23	0,870
Sıcaklık × Süre	3	351	117	0,04	0,990
Hata	8	26042	3255		
Toplam	15	29378			

$p \leq 0,05$ olasılık düzeyinde önemlidir

Tablo A.18. Ekstensograf Denemesi – Maksimum Direnç (90 dak) ve Sıcaklık ile Süre Varyans Analiz Sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	Olasılık
Sıcaklık	1	4225	4225	0,13	0,728
Süre	3	4738	1579	0,05	0,985
Sıcaklık × Süre	3	1444	481	0,01	0,997
Hata	8	261446	32681		
Toplam	15	271853			

$p \leq 0,05$ olasılık düzeyinde önemlidir

Tablo A.19. Ekstensograf Denemesi – Maksimum Direnç (135 dak) ve Sıcaklık ile Süre Varyans Analiz Sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	Olasılık
Sıcaklık	1	1806	1806	0,04	0,853
Süre	3	1631	544	0,01	0,998
Sıcaklık × Süre	3	5631	1877	0,04	0,989
Hata	8	393301	49163		
Toplam	15	402370			

$p \leq 0,05$ olasılık düzeyinde önemlidir

Tablo A.20. Ekstensograf Denemesi – Enerji Değeri (45 dak) ve Sıcaklık ile Süre Arasında Varyans Analiz Sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	Olasılık
Sıcaklık	1	150	150	0,39	0,552
Süre	3	144	48	0,12	0,944
Sıcaklık × Süre	3	22	7	0,02	0,996
Hata	8	3108	388		
Toplam	15	3423			

$p \leq 0,05$ olasılık düzeyinde önemlidir

Tablo A.21. Ekstensograf Denemesi – Enerji Değeri (90 dak) ve Sıcaklık ile Süre Arasında Varyans Analiz Sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	Olasılık
Sıcaklık	1	138	138	0,10	0,757
Süre	3	111	37	0,03	0,993
Sıcaklık × Süre	3	16	5	0,00	1,000
Hata	8	10809	1351		
Toplam	15	11074			

$p \leq 0,05$ olasılık düzeyinde önemlidir

Tablo A.22. Ekstensograf Denemesi – Enerji Değeri (135 dak) ve Sıcaklık ile Süre Arasında Varyans Analiz Sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	Olasılık
Sıcaklık	1	12	12	0,01	0,926
Süre	3	189	63	0,05	0,985
Sıcaklık × Süre	3	151	50	0,04	0,989
Hata	8	10593	1324		
Toplam	15	10946			

$p \leq 0,05$ olasılık düzeyinde önemlidir

ÖZGEÇMİŞ

17.04.1976 tarihinde İstanbul'da doğan, M. Kerem SÜNTER, 1995 yılında Özel Alman Lisesinden mezun olarak orta öğretimini tamamladı. 1995-1999 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Kimya-Metalurji Fakültesi Kimya Mühendisliği bölümünde yüksek öğretimini tamamladı. 1999 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği programında yüksek lisans çalışmasına başladı. Halen İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği programında yüksek lisans öğrencisidir.