

Buğdayın Tavlama Sıcaklığında Mikrodalga Uygulamasının Öğütme ve Ekmekçilik Kalitesine Etkisi

Hilal Bayrakçı, Selman Türker, Adem Elgün, Nilgün Ertaş, Nermin Bilgiçli

Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Konya
E-posta: nabasiz@selcuk.edu.tr

ÖZET

Bu araştırmada, iki farklı buğday çeşidi (Bezostaya-1 ve Gerek-79) mikrodalga uygulanarak tavlama sıcaklığına tabi tutulmuştur. Mikrodalga uygulamasında 4 farklı sıcaklık derecesi (32, 40, 55 ve 70°C) kullanılmış ve klasik tavlama uygulanmış örnek şahit olarak değerlendirilmiştir. Tavlama mikrodalga işlemi uygulanan buğdaylarda; un verimi şahit örneğe göre artarken, kül miktarı düşmüştür ($p<0.01$). Alveogramda 55°C'ye kadar su kaldırma, direnç, enerji, elastikiyet değerleri istatistiksel olarak önemli seviyede ($p<0.01$) artış göstermiştir. Sonuç olarak, buğdayın tavlama sıcaklığında mikrodalga uygulanması ile unun teknolojik kalite özelliklerinde ve ekmek spesifik hacminde artış gözlenmiş, klasik tavlama sıcaklığına kıyasla öğütme kalitesini artırdığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Buğday, Bezostaya-1, Gerek-79, Mikrodalga, Tavlama

Effect of Microwave Application during Tempering on Milling and Baking Quality of Wheat

ABSTRACT

In this research, microwave application was used during tempering of two different wheat varieties (Bezostaya-1 and Gerek-79) at four different temperature (32, 40, 55 and 70°C), and the sample tempered by a conventional method was used as control. Overall, ash contents of the microwave-treated samples decreased while flour yield increased significantly ($p<0.01$) in comparison to the control sample. Heating up to 55°C increased alveogram water absorption, resistance, energy and flexibility values significantly ($p<0.01$). The results indicated that technological quality properties of flour and specific volume of bread were improved by microwave application during tempering of wheat besides the increase in the milling quality of wheat.

Key Words: Wheat, Bezostaya-1, Gerek-79, Microwave, Tempering

GİRİŞ

Tavlama, un sanayinde un kalitesi başta olmak üzere un verimi ve enerji tüketimini etkileyen önemli işlemlerden birisidir. Tavlama, öğütülecek taneyi optimum su seviyesine getirme ve dinlendirme olarak tanımlanabilir [1]. Öğütme teknolojisinde tavlama etkileyen çeşitli faktörler mevcuttur. Bunlardan en önemlileri tavlama suyu miktarı, sıcaklığı ve tavlama süresidir [2]. Kabuk tabakaları arasındaki su alışverişinin normal sıcaklıkta uzun zaman aldığı, oysa sıcaklık artışı ile tanenin su absorpsiyonunun maksimum seviyeye ulaştığı ve bu durumda buğday tanesinin normal şartlar altında kendi ağırlığının %40'ı kadar su alabildiği belirtilmektedir [3].

Ilık tavlama metodu ile ilgili olarak yapılan araştırmalarda, en uygun endosperm yumuşamasının 45°C'de elde edildiği, patent un veriminin arttığı, elemanın kolaylaştığı, 75 µm'den küçük un taneciklerinde nispi bir azalma olduğu belirlenmiştir [4]. Ilık tavlama metodunun üstünlüğü ilk defa Grosse tarafından ileri sürülmüştür [5]. Diğer araştırmalarda da ılık tavlamanın, suyun taneye alınmasına, yayılmasına ve tavlama süresinin kısalmasına olumlu etkisi vurgulanmıştır [6, 7]. Ticari değirmende yapılan bir çalışmada, ılık ve soğuk tavlama metodları karşılaştırılmış ve ılık tavlama metoduyla elde edilen un randımanı ve patent un veriminin daha yüksek, kül miktarının ise daha düşük olduğu tespit edilmiştir [8].

Ertugay ve ark. [9] yaptıkları bir araştırmada, ılık tavlama işleminin un ve irmik verimini artırması yanında renk ağarması ve mikroorganizma yükünün düşürülmesi üzerine soğuk tavlama göre daha etkili olduğunu belirlemiştir. Literatürde buğdayların sıcak tavlama üzerinde çeşitli çalışmaları mevcuttur [10-13]. Sıcak tavlamanın makarnalık ve ekmeklik buğdaylar üzerine etkisini araştırdığı bir çalışmada ise, 50°C'de 30 dakika süreyle yapılan tavlama işleminin irmikte ihmal edilebilir düzeyde renk kaybına sebep olduğu, ancak kül içeriğinde önemli miktarda azalmaya sebep olduğu ortaya konmuştur [12]. Daskalova ve ark. [14] buğdayın tavlama işlemi üzerine dielektrik ısıtmanın etkilerini incelemişler ve sonuç olarak bu ısıtma tavlama süresinin kısaltıldığını, öğütme ve ekmek yapım kalitesinin arttığını, un veriminin yükseldiğini, unun kül içeriğinin düştüğünü ve ekmek hacminin arttığını tespit etmişlerdir. Daha önceki çalışmalarımızda, mikrodalga ile tavlama işleminin, un verimi ve ekmek kalitesini artırırken kül miktarını azalttığı belirlenmiştir [15]. Bu araştırmada ise farklı iki buğday çeşidi üzerinde klasik usulde tavlama şahide karşı, farklı normlarda mikrodalga uygulayarak yapılan tavlama işleminin elde edilen unların öğütme ve ekmek kalite parametrelerine etkisi araştırılarak optimum uygulama normu belirlenmiştir.

MATERYAL ve METOT

Bu çalışma, Konya piyasasından temin edilen %78 sertliğe sahip Bezostaya-1 ve %44 sertliğe sahip Gerek-79 olmak üzere iki buğday çeşidi kullanılmıştır. Deneme iki farklı buğday çeşidine 4 farklı sıcaklık derecesinde (32, 40, 55 ve 70°C), mikrodalga ile tavlama uygulanarak ve şahit (mikrodalga ile ısıtma işlemi uygulanmayan ve oda koşullarında klasik tavlama işlemine tabi tutulan) örnek dahil edilerek 2 tekrarlulu (2x5)x2 faktöriyel plana göre yürütülmüştür. Elde edilen değerler istatistiksel analize tabi tutulmuş, Varyans analizinde farklılıkları istatistiksel olarak önemli bulunan ana varyasyon kaynaklarının ortalamaları, Duncan çoklu karşılaştırma testi ile karşılaştırılmıştır [16].

Hammadde olarak kullanılan buğdaylarda fiziksel olarak; tane homojenliği, hektolitre ağırlığı, bin tane ağırlığı ve sertlik tayinleri yapılmıştır [17]. Renk değerleri (Hunter L, a ve b) ise Minolta CR 400 (Konica Minolta, Inc., Osaka, Japonya) cihazında belirlenmiştir. Kimyasal ve fizikokimyasal analizlerden; su, protein, gluten ve düşme sayısı analizleri AACC [18] metodlarına göre, kül ICC-Standard No.104-1 ve Zeleny sedimentasyon testi ICC-Standard No.116 [19] metoduna göre yapılmıştır.

Tavlama ve Öğütme İşlemi: Araştırmada klasik ve mikrodalga ile iki farklı tavlama uygulanmıştır. Tüm örnekler %16 su esasında aşağıdaki formüle göre tav suyu verilmiştir.

$$X = \frac{D_1}{D_2} \times W - W \quad [1]$$

[X = Verilecek su miktarı (g), D₁ = Örnek kuru maddesi (g), D₂ = Örnekte istenen kuru madde (g), W = Buğday miktarı (g)].

Buna göre;

Klasik Tavlama: Klasik tavlama uygulanan buğdaylar şahit örnek olarak kullanılmıştır. Bezostaya-1 24 saat, Gerek-79 ise 12 saat süreyle dinlendirilmiştir.

Mikrodalga Uygulamalı Tavlama: Mikrodalga işlemine tabi tutulacak buğdaylara tav suyu (%16) verilip 3 dakika süreyle dinlendirilmiştir. Ardından, işlem Arçelik MD 595 marka mikrodalga fırında 900 W'da gerçekleştirilmiştir. Uygulamada sıcaklık normu olarak 32, 40, 55 ve 70°C olmak üzere dört farklı sıcaklık derecesi kullanılmıştır. Sıcaklık ölçümü fırın çıkışında buğday kütlesi içine yerleştirilen termometreyle yapılmıştır. Örnekler mikrodalga fırın tepsisine tek sıra olacak şekilde (50 g) yerleştirilmiş ve diğer tanelerin mikrodalga işlemine tabi tutulmasından önce her defasından fırının soğuması beklenmiştir. Bu sıcaklık normlarına, buğday tanelerin, aynı normdaki mikrodalga işleminin farklı sürelerde gerçekleştirilmesi ile ulaşılmıştır. Buna göre; 32°C'ye 6 s'de, 40°C'ye 10 s'de, 55°C'ye 30 s'de 70°C'ye 60 n'de ulaşılmıştır. Mikrodalga uygulanan örnekler fırın çıkışında %1 oranında kabuk tavı verilerle derhal öğütülmüştür. Şahit numuneler ile mikrodalga işlemi uygulanmış örnekler laboratuvar tipi valsli değirmende (CHOPIN MOULIN CD1, Fransa) öğütülmüştür. Kıрма ve redüksiyon sistemlerinden elde edilen un örnekleri tartılıp un verimi (%) hesaplanmıştır.

Unlarda Fiziksel, Kimyasal ve Teknolojik Analizler:

Renk tayini; Hunter L, a ve b değerlerinin ölçülmesiyle daha önce ifade edildiği gibi gerçekleştirilmiştir. Unlarda incelik (granülasyon) testi 140 µm elekte 2 min elenmek sureti ile yapılmıştır. Elek altı materyal oranı (%), granülasyonda incelik parametresi olarak kullanılmıştır. Mikrodalga ile tavlama işlemine tabi tutulmuş ve mikrodalga uygulanmadan tavlama şahidi buğdaylar valsli laboratuvar değirmeninde 65-75 randımanla un haline getirilerek; elde edilen unlarda; kimyasal analiz olarak; su, kül ve protein miktarı değerleri belirlenmiştir [18, 19]. Aynı örneklerde; Zeleny sedimentasyon, yaş gluten, gluten indeks ve düşme sayısı tayinleri de yapılmıştır [18, 19]. Bunlara ek olarak; örneklerin, Alveo-konsistografa su kaldırma (HYDHA), uzama (A), enerji (Fb), direnç (T) ve elastikiyet (Iec) değerleri de AACC 54-30A ve 54-50'ye göre belirlenmiştir [18].

Ekmek Denemeleri: AACC 10-10 metodu modifiye edilerek 100 gram un esasına göre; %3 maya, %1.5 tuz ve kaldırdığı kadar su kullanılarak ekmek üretimi gerçekleştirilmiştir [18]. Olgun hamur elde edilene kadar yoğrulan (Hobart N50, Kanada) hamurlar %80-90 nispi nemde ve 30°C sıcaklıkta 30+30 dakikalık kitle fermantasyonuna bırakılmış ve bu süreler sonunda katlanıp havalandırılmıştır. Daha sonrada ekmek hamuruna son şekli verilip 60 dakika süreyle 30°C'de son fermantasyona tabi tutulmuştur. Kabaran hamurlar fırında (Arçelik ARMD-580, Türkiye) 230±5°C'de 25 dakika süre ile pişirilmiştir. Ekmekler fırından çıkarıldıktan sonra ağırlık ve hacimleri ölçülerek, spesifik hacim değerleri hesaplanmıştır. Ekmekler 1 saat sonra polietilen torbalara konarak ağızları kapatılmıştır. 24 saat sonra ekmek özellikleri panel testi ile belirlenmiştir. Panel testi, Gıda Mühendisliği Bölümü'nde görevli ve ekmek duyusal değerlendirmesi konusunda tecrübeli, 27-55 yaşları arasında 5 bayan ve 5 erkek tarafından

gerçekleştirilmiştir. Panelde, ekmeğin dış özelliklerinin belirlenmesi için 1 adet bütün ekmeğin ile, ekmeğin iç özelliklerinin belirlenmesi için 2 cm kalınlığında dilimler halinde kesilmiş ekmeğin kullanılmıştır. Duyusal analiz, oda koşullarında ve normal güneş ışığı altında gerçekleştirilmiştir. Ekmekler simetri, tekstür ve gözenek yapısı açısından 1-10 puan arasında puanlanarak duyusal analize tabi tutulmuştur [17]. Kabuk ve ekmeğin iç rengi Hunter L, a ve b değerleri de ölçülerek belirlenmiştir.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Bezostaya-1 ve Gerek-79 buğdaylarına ait bazı fiziksel analiz sonuçları Tablo 1'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre; Bezostaya-1'in daha sert, homojen ve iri; Gerek-79'un yumuşak ve beyaz tane yapısındaki bir buğday çeşidi olduğu görülmektedir. Tablo 1'de verilen kimyasal analiz sonuçları ise Bezostaya-1'in kuvvetli, Gerek-79'un ise zayıf ve düşük alfa amilaz aktivitesine sahip olduğunu göstermektedir.

Tablo 1. Buğday Örneklerine Ait Bazı Fiziksel ve Kimyasal Analiz Sonuçları

Özellik	Buğday Çeşidi	
	Bezostaya-1	Gerek-79
Tane Homojenliği (%)	92.84	87.96
Hektolitreye Ağırlığı (k/hL)	73.6	78.2
Bin tane Ağırlığı (g)*	32.96	26.36
Renk (Hunter)		
L	55.24	60.63
a	6.43	4.90
b	17.78	21.70
Sertlik (%)	78	44
Su (%)	10.7	9.9
Kül (%)*	1.82	1.26
Protein (%)**	13.2	11.8
Zeleny Sedimentasyon (cc)	32	30
Yaş Gluten (%)	45	37
Düşme Sayısı (s)	285	500

*Kuru madde esasına göre; ** (N x 5.70)

Tavlamada mikrodalga uygulamasına tabi tutulmuş buğdaylardan elde edilen unların, fiziksel, kimyasal ve teknolojik özelliklerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Tablo 2'de yer almıştır.

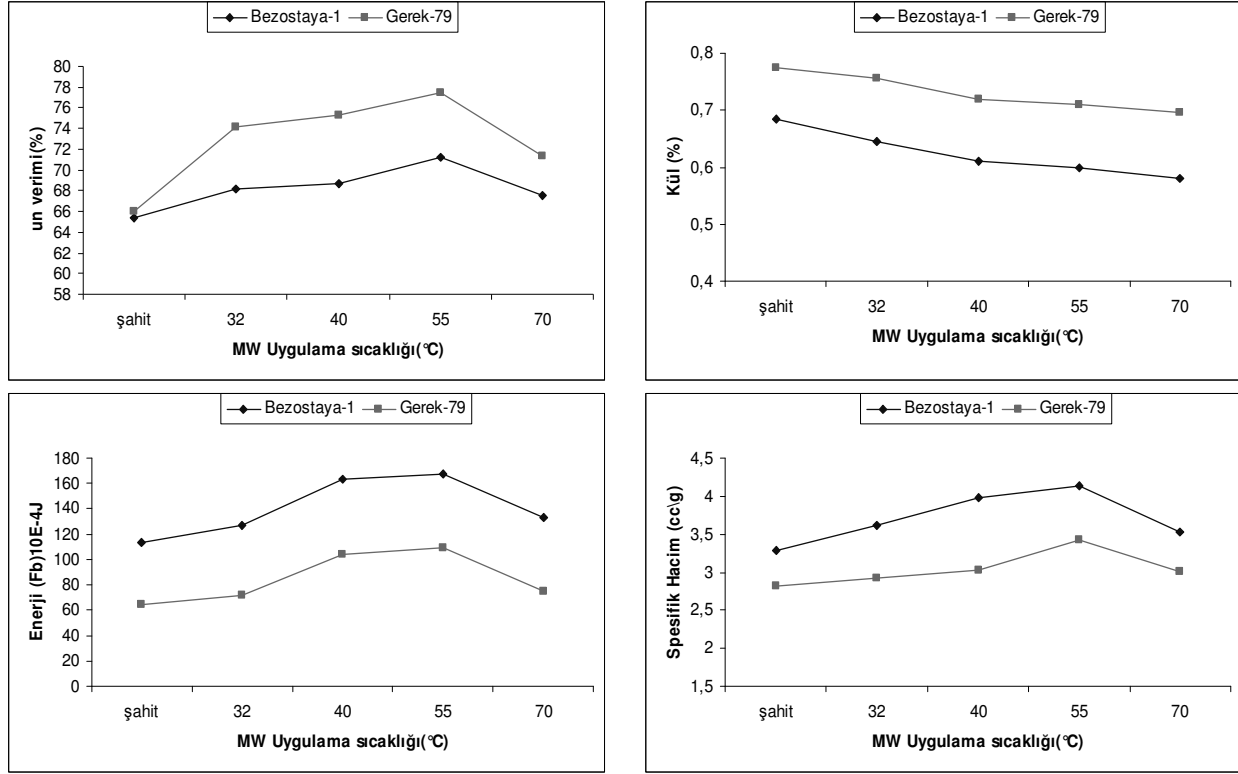
Tablo 2. Tavlamada Mikrodalga Uygulamasına Tabi Tutulmuş Buğdaylardan Elde Edilen Unların Bazı Fiziksel, Kimyasal ve Teknolojik Özelliklerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları

Özellik*	Buğday Çeşidi		Mikrodalga Uygulama Sıcaklığı (°C)				
	Bezostaya-1	Gerek-79	Şahit	32	40	55	70
Un Verimi(%)	68.21 ^b	72.84 ^a	65.68 ^d	71.16 ^b	72.00 ^{ab}	74.32 ^a	69.47 ^c
Renk (Hunter)							
L	87.03 ^b	92.46 ^a	94.54 ^a	94.07 ^a	90.46 ^b	86.19 ^c	83.46 ^c
a	-0.58 ^a	-0.91 ^b	-0.89 ^b	-0.75 ^{ab}	-0.60 ^a	-0.64 ^a	-0.86 ^b
b	10.50 ^a	9.05 ^b	10.85 ^a	9.85 ^{ab}	9.66 ^b	9.29 ^b	9.23 ^b
Granülasyon (%)**	74.96 ^a	74.62 ^a	55.95 ^d	66.67 ^c	78.55 ^b	86.10 ^a	86.67 ^a
Kül** (%)	0.62 ^b	0.73 ^a	0.73 ^a	0.70 ^b	0.67 ^c	0.65 ^d	0.64 ^d
Protein (%)***	11.36 ^a	10.70 ^b	10.80 ^c	10.90 ^{bc}	11.00 ^b	11.20 ^a	11.25 ^a
Yaş Gluten (%)	32.02 ^a	30.40 ^b	29.00 ^c	30.00 ^c	31.50 ^b	32.55 ^{ab}	33.00 ^a
Gluten İndeksi (%)	65.30 ^a	51.60 ^b	57.00 ^d	57.75 ^{cd}	58.25 ^{bc}	59.50 ^{ab}	50.75 ^a
Düşme Sayısı (s)	357.0 ^b	≥400.0 ^a	369.5 ^b	371.3 ^b	373.5 ^b	378.3 ^b	≥400.0 ^a

* Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiksel bakımdan birbirinden farklıdır (p<0.05); ** 140 µ elek altı; *** (Nx5.70)

Bezostaya-1 ve Gerek-79 buğdaylarından elde edilen ortalama un verimi değerleri sırasıyla %68.21 ile %72.84 olarak bulunmuştur. Buna göre; Gerek-79 buğdayının un verimi, Bezostaya-1'e göre daha yüksek bulunmuştur. Mikrodalga işleminin un verimini artırdığı ortaya konmuştur. Kontrolde göre, en fazla artış 55°C de gözlenirken; en düşük artış ise 70°C uygulamasında gözlenmiştir. Bu da yüksek sıcaklık uygulamasının un verimini olumsuz olarak etkilediğini göstermektedir (Şekil 1). Buradan 55°C'lik mikrodalga uygulamasının kabuk-endosperm ayrışımını teşvik ettiği, ancak bunun üzerindeki sıcaklıklarda sıcaklığın ters etkiye bulunduğu sonucuna varılmaktadır. Elgün ve Türker [15] mikrodalga uygulamasının un verimini artırmasındaki etkenin, mikrodalga'nın kabuk-endosperm ayrışımını daha iyi sağlanması olduğunu ifade etmişlerdir. Ortalama olarak Bezostaya-1 ve Gerek-79 buğdaylarından elde edilen unların renk değerleri L (parlaklık) için 87.03 ve 92.46, a (kırmızılık) için -0.58 ve -0.91, b (sarılık) için 10.50 ve 9.05 olarak bulunmuştur (Tablo 2). Genelde granülasyonda incelik arttıkça, unun sarı renk (b) yoğunluğunun düştüğü bilinmektedir. İncelik arttıkça, ışığın kırılma esasına göre rengin ağırdığına dair literatür bilgileri mevcuttur [20]. Buna göre; Gerek-79 daha parlak ve daha açık sarı un rengi

vermiştir. Tavlamada mikrodalga uygulaması artan sıcaklık ile birlikte, parlaklığı ve sarılığı düşürmüştür. Un sarılığındaki azalma, un inceliği ile birlikte yükselmiştir. Bezostaya-1 ve Gerek-79 buğdaylarından elde edilen unların granülasyon değerleri oldukça geniş bir değişim aralığında, %54.20 - 87.60 olarak bulunmuştur. Şahit numunenin granülasyon oranı %55.95 iken, bu oran mikrodalga ile tavlama sonucu sıcaklık yükselişine göre artmıştır. Görüldüğü üzere sıcaklık uygulaması ile elek üzeri materyalde azalma gözlemlenmiştir. Bu da mikrodalga ile tavlamanın öğütme etkinliğini ve kalitesini artırdığını, daha ince un partiküllerinin eldesini sağlamıştır. Bu sonuca göre mikrodalga işleminde, sıcaklığın artışıyla tavlamanın etkinliğinin arttığını, daha ince mozaikleşme sonucu, granülasyonun incelendiği anlaşılmaktadır. Tavlamada görülen mozaikleşme yoğunluğu, tavlama süresi ve sıcaklık uygulaması ile artmaktadır. Unun inceliği, tavlama işleminde etkili faktörlere bağlı olarak, unun endospermdeki mozaikleşmenin sıklığı ile sağlanır. Bu; ortam sıcaklığı, su dağılışı ve süre ile ilişkilidir. Burada, mikrodalga uygulamasının mozaikleşme olayını hızlandırdığı ve ince materyal artışını tetiklediği sonucuna varılmaktadır.



Şekil 1. Tavlama mikrodalga uygulamasına tabi tutulmuş buğdaylardan elde edilen unların verim değerlerine (a), Kül değerlerine (b) Enerji değerlerine (c) ve Elde edilen ekmeklerin spesifik hacim değerlerine (d) ait "Çeşit x Sıcaklık" interaksiyonları

Öğütme işleminin etkinliği, değirmencinin esas olarak kepekten arı olan endospermi ne kadar iyi bir şekilde ayırdığına bağlıdır [21]. Kepek varlığının ölçümü için halihazırda kullanılan başlıca yöntemler; kül tayini ve renk derecesinin ölçümüdür [21-24]. Genel olarak Gerek-79 buğdaylarının kül miktarı, Bezostaya-1 buğdaylarının kül miktarına göre yüksektir. Gerek-79'un kül miktarının fazlalığı, un veriminin yüksekliği ile alakalı olabilir. Mikrodalga işlemi örneklerin kül miktarını düşürdüğü belirlenmiştir. Mikrodalga uygulama sıcaklığı arttıkça; örneklerin kül miktarları da düşmüştür. En düşük kül içeriği 70 °C'deki mikrodalga işleminde elde edilmiştir (Şekil 1). Keskinoglu ve ark. yaptıkları çalışmada farklı ılık tavlama uygulamalarının öğütme kalitesine etkisini incelemiş ve sonuç olarak su verme işlemleri tamamen sıcak su ile gerçekleştirildiğinde tamamen soğuk su ile yapılan tavlama göre çok daha düşük kül içeriğine sahip un elde edilebileceğini ortaya koymuşlardır [1]. Normal olarak randıman arttıkça unda kepek kontaminasyonu ve kül miktarı da artar. Ancak elde edilen sonuçlar ışığında mikrodalga ile tavlama sonrasında randıman artarken, kül miktarı; aksine düşüş göstermiştir. Kuvvetli Bezostaya-1 çeşidinde düşüş hızı daha fazla olmuştur. Bu sonuçlar, mikrodalga uygulaması ile artan sıcaklıkların, külce zengin aleuron tabakasının, kabuğa bağlanarak kepek ile birlikte kolayca ayrıldığını ve sonuçta paritesi zengin bir un elde edildiğini göstermektedir. Sert kırmızı buğdayların protein miktarı genellikle daha fazladır. Yüksek protein, yüksek gluten varlığına işaret eder. Yüksek gluten ise daha hacimli ve daha kaliteli ekmek demektir [25]. Un

proteini yüksekliği de aynı şekilde kalite ve değer yüksekliğine işaret eder. Ortalama olarak Bezostaya-1 ve Gerek-79 buğdaylarından elde edilen unların protein miktarı değerleri %11.36 ve 10.70 olarak bulunmuştur. Buğday çeşidi ve mikrodalga uygulamasının protein miktarı değerlerine etkisi istatistiki olarak önemli ($p < 0.01$) bulunmuştur. Genel olarak Bezostaya-1 buğdaylarının protein oranı Gerek-79 buğdaylarına göre yüksektir. Mikrodalga uygulama sıcaklığı yükseldikçe protein oranlarında da artış olduğu gözlenmiştir. Protein oranındaki bu artış, azalan kül miktarına karşın un verimindeki yükselmenin bir sonucu olarak görülebilir. Bu da, kabuk-endosperm ayrışmasının kolaylaşması sonucu, artan un veriminin aleuron tabakasından çok, dış endosperm tabakalarından sağlandığını göstermektedir.

Bezostaya-1 ve Gerek-79 buğdaylarından elde edilen unların yaş gluten miktarı değerleri %32.02 ve 30.40 olarak bulunmuştur. Genel olarak Bezostaya-1 buğdaylarının yaş gluten miktarı Gerek-79 buğdaylarına göre yüksektir. Mikrodalga uygulama sıcaklığı yükseldikçe yaş gluten miktarlarında da artış olmuştur. Genellikle unun toplam protein içeriğinde bir artış varsa; gluten içeriğinin de arttığı kabul edilmektedir [26]. Burada proteinde % 0.45'lik bir artışa karşılık yaş glutende % 2'lik ortalama değer artışı gözlemlenmiştir. Gluten indeksi değeri, yaş gluten kalitesini belirlemede kullanılan metotlardan bir tanesidir [17, 27]. Bu değer, unun kuvvetinin ölçüsüdür. Aynı protein ve yaş gluten miktarına sahip unların ekmek özellikleri farklı

olabilmektedir. Bu fark; protein kalitelerindeki farktan kaynaklanmaktadır [17]. Genel olarak Bezostaya-1 buğdaylarının gluten indeks değerleri Gerek-79 buğdaylarına göre yüksektir. Mikrodalga uygulama sıcaklığı yükseldikçe gluten indeks değerlerinde de artış olmuştur. Ancak 70°C uygulamasından sonra gluten indeks değerinde şahit numuneden bile daha düşük bir değer bulunmuştur. Mikrodalga uygulamasının 55°C'ye kadar gluten kalitesini artırdığı, bu sıcaklığın üzerinde ise yaş gluten miktarı artarken; kalitenin bozulduğu gözlemlenmiştir. Burada muhtemelen mikrodalga ısıtma işleminin molekülerarası gluten bağlarına zarar vererek, sıkı yapıyı bozduğu sonucu çıkarılabilir. Beraberinde düşme sayısının hızla yükselmesi, enzimatik aktivitenin de hızla düştüğünü, glutenin sıkı yapı kazanması beklenirken tersine yıkıma uğradığını göstermektedir. Bu sonuçlar, mikrodalga uygulamasının oldukça kritik bir işlem olduğuna işaret etmektedir. Düşme sayısı tayini ile unda var olan amilaz enziminin aktivitesi belirlenmektedir. Amilaz aktivitesinin belirlenmesi ekmek üretim teknolojisi açısından önem taşımaktadır. Ortalama olarak Bezostaya ve Gerek buğdaylarından elde edilen unların düşme sayısı değerleri 357 ve ≥ 400 sn olarak bulunmuştur. Genel olarak Bezostaya-1 buğdaylarının düşme sayısı değerleri Gerek-79 buğdaylarına göre düşüktür. Mikrodalga uygulama sıcaklığı yükseldikçe düşme sayısı değerlerinde artış olmuştur. Mikrodalga uygulaması ile amilaz aktivitesinde azalma gözlemlenmiştir. Amilaz aktivitesindeki azalma, uygulanan mikrodalga işlemi sonucu oluşan sıcaklıkla, özellikle proteinlerin koagülasyon başlangıç sıcaklığı olan 55°C'nin üzerindeki sıcaklıkta (70°C) enzimlerin inaktive olması ile açıklanabilir.

Alveo-konsistogram değerleri Tablo 3'te verilmiştir. Unun su kaldırma kapasitesi başta gluten miktarı olmak üzere partikül iriliği ve zedelenmiş nişasta miktarı etki eder [17]. Bezostaya-1 buğday unlarının su kaldırma değerleri Gerek-79 çeşidinin unlarına göre daha

yüksektir. Mikrodalga işleminin örneklerin su kaldırma değerlerini artırdığı ortaya konmuştur. En yüksek su kaldırma değeri 70°C de belirlenmiştir (Tablo 3). Bezostaya-1 buğday unlarının direnç değerleri Gerek-79 çeşidinin unlarına göre daha yüksektir. Mikrodalga uygulama sıcaklığı arttıkça direnç değerlerinde artış gözlenmiştir. Ancak mikrodalgada tavlamanın en yüksek sıcaklık normu olan 70°C 'de tavlama buğdaylarda elde edilen unların direnç değerlerinde tekrar bir düşüş gözlenmiştir. Direnç değerindeki bu yükselme artan protein oranına bağlı olarak yükselen gluten miktarına bağlanabilir. Ortalama olarak Bezostaya-1 ve Gerek-79 buğdaylarından elde edilen unların uzama değerleri 66.40 ve 119.10 mm olarak bulunmuştur. Dikici yaptığı çalışmada benzer sonuçlar elde etmiştir [28]. Bezostaya-1 buğdayının ununu uzama değeri Gerek-79 buğdayının ununun uzama değerine göre düşüktür. Mikrodalga işlemi uzama değerini şahide göre düşürdüğü ortaya konmuştur. Mikrodalga uygulama sıcaklığı arttıkça uzama değerlerinde düşüş gözlenmiştir. Bezostaya-1 buğdayının ununu enerji değeri Gerek-79 buğdayının ununun enerji değerine göre daha yüksektir. Mikrodalga uygulama sıcaklığı arttıkça enerji değerlerinde şahide göre artış gözlenmiştir. Ancak mikrodalgada tavlamanın en yüksek sıcaklık normu olan 70 °C'de tavlama buğdaylarda elde edilen unların enerji değerlerinde tekrar bir düşüş gözlenmiştir (Şekil 1). Enerji, kurve alanı olup ekmek kalitesi ile doğrudan ilgilidir. Enerji değeri arttıkça ekmek özelliklerinin de düzeldiğini bilinmektedir [29]. Elastikiyet indeksi kurvenin başlangıcından 4 cm sonraki basıncın, yüksekliğe oranıdır. Her zaman 100'den küçüktür. Hamurun dayanıklılığı ve fermantasyon toleransı hakkında bilgi vermektedir. Ortalama olarak Bezostaya-1 ve Gerek-79 buğdaylarından elde edilen unların elastikiyet indeksi değerleri %34.30 ve 28.42 olarak bulunmuştur. En iyi sonuç, 40°C'deki mikrodalga uygulaması ile alınmıştır.

Tablo 3. Tavlama Mikrodalga Uygulamasına Tabi Tutulmuş Buğdaylardan Elde Edilen Unların Alveo-konsistogram Parametrelerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları

Özellik*	Buğday Çeşidi		Mikrodalga Uygulama Sıcaklığı (°C)				
	Bezostaya-1	Gerek-79	Şahit	32	40	55	70
Su Kaldırma (%)	54.04 ^a	49.68 ^b	50.83 ^d	51.55 ^c	51.83 ^b	52.40 ^a	52.70 ^a
Direnç (T) (mm)	73.30 ^a	40.70 ^b	51.75 ^c	53.00 ^c	60.75 ^b	66.75 ^a	52.75 ^c
Uzama (A) (mm)	66.40 ^b	119.10 ^a	114.50 ^a	106.50 ^b	90.75 ^c	84.75 ^d	67.25 ^e
Enerji (Fb) (10E-4J)	140.80 ^a	85.00 ^b	89.00 ^e	99.25 ^d	133.75 ^b	138.25 ^a	104.25 ^c
Elastikiyet (Iec) (%)	34.30 ^a	28.42 ^b	22.23 ^d	29.40 ^c	36.23 ^a	35.60 ^a	33.35 ^b

* Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistikî bakımdan birbirinden farklıdır (p<0.05)

Ekmek pişirme denemelerine ait bazı analiz sonuçları Tablo 4'te verilmiştir. Ekmek spesifik hacmi; ekmek hacminin ekmek ağırlığına oranıdır [30]. Ekmek hacmini artıran faktörler ekmek spesifik hacmini de artırır. Ortalama olarak Bezostaya-1 ve Gerek-79 buğdaylarından elde edilen unlardan yapılan ekmeklerin spesifik hacim değerleri 3.705 ve 3.041 cc/g olarak bulunmuştur. Literatürde spesifik hacim değerleri ile ilgili benzer sonuçlar bulunmuştur [28, 31]. Buğday çeşidinin ve mikrodalga uygulamasının spesifik hacim değerlerine etkisi istatistikî olarak önemli (p<0.01) bulunmuştur. En iyi sonuç, 55°C'deki mikrodalga uygulaması ile alınmıştır (Şekil 1). Buğdayların mikrodalga uygulanmamış unlarından yapılan ekmeklerin simetri değerleri daha

düşükken; mikrodalga ile tavlama buğday unlarından yapılan ekmeklerin simetri puanlarında artış gözlenmiştir. Ekmek kalitesinin artmasına bağlı olarak simetri puanları da artış göstermiştir. En iyi sonuç, 55°C'deki mikrodalga uygulaması ile alınmıştır. Tekstür ekmek içi gözenek inceliği, homojenliği ve yumuşaklığını ifade eden önemli bir parametredir. Ekmek kalitesi ve raf ömrü açısından iyi bir göstergedir. Buğday çeşidi ve mikrodalga uygulamasının tekstür değerlerine etkisi istatistikî olarak önemli (p<0.01) bulunmuştur. Kuvvetli buğday bu bakımdan, zayıf Gerek-79'a göre daha düzgün tekstür göstermiştir. Buğdayların mikrodalga uygulanmamış unlarından yapılan ekmeklerin tekstür değerleri daha düşükken mikrodalga ile tavlama

buğday unlarından yapılan ekmeklerin tekstür puanlarında önemli artış gözlenmiştir. Ekmek kalitesinin artmasına bağlı olarak tekstür puanları da artış göstermiştir. En iyi sonuç, 55°C'deki mikrodalga uygulaması ile alınmıştır. Ancak 70°C'lik yüksek mikrodalga sıcaklığı uygulaması ile un kalitesindeki düşüşe paralel olarak da tekstür hızla bozulmuştur. Sonuç olarak enerji değeri arttıkça ekmek hacminin arttığı [17, 29, 32] ve buna bağlı olarak da ekmek içi tekstürün iyileştiği söylenebilir [2, 29]. İyi bir ekmekte

gözenekler küçük, homojen, kenarları ince ve aynı kalınlıkta olmalıdır [17]. Buğdayların mikrodalga uygulanmamış unlarından yapılan ekmeklerin gözenek değerleri daha düşükkken mikrodalga ile tavllanmış buğday unlarından yapılan ekmeklerin gözenek puanlarında artış gözlenmiştir. En iyi sonuç, 55°C'deki mikrodalga uygulaması ile alınmıştır. Un ve ekmek kalitesinin artmasına bağlı olarak gözenek puanları da artış göstermiştir.

Tablo 4. Tavlama Mikrodalga Uygulamasına Tabi Tutulmuş Buğdaylardan Elde Edilen Unların Ekmek Özelliklerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları

Özellik*	Buğday Çeşidi		Mikrodalga Uygulama Sıcaklığı (°C)				
	Bezostaya-1	Gerek-79	Şahit	32	40	55	70
Spesifik Hacim (cc/g)	3.705 ^a	3.041 ^b	3.045 ^d	3.273 ^c	3.500 ^b	3.780 ^a	3.268 ^e
Simetri (1-10p)	7.475 ^b	7.950 ^a	7.125 ^c	7.688 ^b	7.938 ^a	8.188 ^a	7.625 ^b
Textür (1-10p)	7.425 ^a	6.525 ^b	5.813 ^d	6.563 ^c	7.500 ^{ab}	8.000 ^a	7.000 ^{bc}
Gözenek (1-10p)	7.500 ^a	6.950 ^b	6.250 ^b	7.250 ^a	7.500 ^a	7.750 ^a	7.375 ^a

*Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki bakımdan birbirinden farklıdır (p<0.05)

Ekmek özelliklerinden kabuk ve iç renk değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Tablo 5'te verilmiştir. Gerek-79 daha parlak ve açık renkli kabuk rengi verirken, artan mikrodalga uygulama sıcaklıkları 55°C'ye kadar hem parlaklığı hem de kabuk kırmızılığını artırmıştır. Kabuk kırmızılığındaki bu artış, muhtemelen randıman yüksekliği ile birlikte artan gluten harici azotlu maddelere bağlı olarak Maillard reaksiyonuna bağlanabilir [2]. 55°C sonrasında ani yükseliş ise muhtemelen, sıcaklık uygulaması nedeniyle daha düşük tane suyu ile öğütülen bu üründe, daha yüksek nişasta zedelenmesi [30] oluşumu ile açıklanabilir. Sert ve kuvvetli yapıdaki Bezostaya-1'deki kırmızı kabuk rengi

intensitesinin yüksekliği ve 70°C'deki aşırı artışı da bunu doğrulamaktadır. Artan mikrodalga uygulama sıcaklıkları, hem ekmek içi parlaklığını artırmış, hem de sarılığını düşürmüştür (Tablo 5). Gerek-79'daki parlaklığın daha fazla artışı, Maillard reaksiyonu ürünlerinin, yumuşak ve zayıf buğdayda daha düşük olduğuna işaret etmektedir. Bezostaya-1'in daha yüksek ekmek içi kırmızılığına (a) sahip olması, kırmızı çeşit olması ile açıklanabilir. Ancak bunun 40-55°C aralığında düşmesi ve 70°C'de artması anlamlıdır. Bu, tekstürün iyileşmesinin 40-55°C aralığında daha iyi olduğuna işaret etmektedir.

Tablo 5. Tavlama Mikrodalga Uygulamasına Tabi Tutulmuş Buğdaylardan Elde Edilen Unların Ekmek Kabuğu ve İçine Ait Renk Değerlerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları

Özellik*	Buğday Çeşidi		Mikrodalga Uygulama Sıcaklığı (°C)				
	Bezostaya-1	Gerek-79	Şahit	32	40	55	70
Kabuk Rengi							
L	63.19 ^b	70.78 ^a	61.39 ^e	68.39 ^c	70.98 ^b	72.07 ^a	62.09 ^d
a	7.26 ^a	3.75 ^b	3.91 ^d	4.87 ^{bc}	5.09 ^{bc}	5.26 ^b	8.40 ^a
b	27.54 ^b	37.19 ^a	34.84 ^a	34.51 ^a	33.47 ^b	31.39 ^c	27.62 ^d
İç Rengi							
L	72.94 ^b	73.58 ^a	69.12 ^e	71.24 ^d	73.33 ^c	75.19 ^b	77.45 ^a
a	-1.54 ^a	-2.38 ^b	-1.79 ^a	-1.93 ^b	-1.85 ^{ab}	-2.39 ^c	-1.84 ^{ab}
b	16.66 ^b	18.76 ^a	19.51 ^a	18.90 ^b	18.41 ^c	14.64 ^e	17.09 ^d

*Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki bakımdan birbirinden farklıdır (p<0.05)

SONUÇ

Sonuç olarak, 32 ile 70°C arasında %16 su seviyesindeki buğdaylara uygulanan mikrodalga ısıtma yöntemi ile dinlendirmeye ihtiyaç duyulmaksızın, şahide göre un veriminde artış, buna karşılık unun kül miktarında düşüş elde edilmiştir. Elde edilen unun protein miktarında az, fakat kalitatif özelliklerinde (gluten, indeks ve enerji) önemli artış gözlemlenmiştir. Buna paralel olarak ekmeğinin kalitatif özelliklerinde de (hacim, tekstür ve iç beyazlığı) önemli düzelme görülmüştür. 55°C'nin optimum sıcaklık derecesi olduğu, daha yüksek sıcaklıkların un, hamur ve ekmek özelliklerine olumsuz etkide bulunacağı anlaşılmıştır. Tavlama mikrodalga uygulaması, buğday çeşidine bakmaksızın, kabuk-endosperm ayrışmasını artırmış, bir taraftan tavlama süresini kısaltırken, diğer taraftan da

öğütme ve ekmekçilik kalitesinde önemli düzeyde yükselişe sebep olmuştur. Uygulamanın, enerji sarfiyatı bakımından uygun olması durumunda, un değirmenciliğinde yatırım ve işletim masraflarında düşüşe, öğütme ve unun kalitesinde önemli artışa sebep olabileceği, ilgili sektörler için önemli katma değer sağlayabileceği sonucuna varılmıştır. Bilimsel açıdan ise, mikrodalga uygulamasının 55°C'ye kadar enzim aktivitesinde az düşüşe karşılık, protein miktar ve kalitesinde önemli artışa sebep olduğu, ancak 55°C üzerindeki uygulamalarda, enzim aktivitesi yanında gluten kalitesinde de aşırı bir düşüş meydana geldiği anlaşılmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] Keskinöglü, R., Elgün, A., Türker, S., 2001. Bir un değirmeninde uygulanan farklı ılık tavlama işlemlerinin öğütme kalitesine etkisi. *Gıda* 26(6): 419-427.
- [2] Elgün, A., Ertugay, Z., 1995. *Tahıl İşleme Teknolojisi*. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Erzurum.376s
- [3] Lock Wood, J., 1982. *Flour Milling*. Hanry Simon Limited, England.
- [4] Kent, N.L., 1990. *Technology of Cereals*. Pergamon Pres, Oxford, U.K.
- [5] Grosse, 1929. Solicheinen weizervarbereiter cinbauen. *Die Mühle*, 66: 1089-1094.
- [6] Wisher, F.W., Shelenberge, S.A., 1949. Relationship of physical factors to the granulation of flour. *Norwest Miller* 238 Sec. 2(11):11a
- [7] Jones, D.D., 1949. Product and market dynamics in the international breakfast cereal industry. *Cereal Foods World* 37(5): 357-360.
- [8] Türker, S., Elgün, A., Şahin, R., 1997. Fabrika şartlarında uygulanan soğuk ve ılık tavlama işlemlerinin buğdayın öğütme özellikleri ve un kalitesine etkileri. *Unlu Mamüller Dünyası* 6(2):17-27.
- [9] Ertugay, Z., Çelik, İ., Koca, F., 1991. Farklı dozlarda uygulanan klorlu su ile soğuk ve ılık tavlama işlemlerinin kırmızı-ekmeklik buğdaylarda öğütme değeri ile unun bazı kalitatif ve mikrobiyolojik özelliklerine etkisi. *Doğa* (15): 661-673.
- [10] Woggle, D.H., McMasters, M.M., Word, A.B., 1964. Changes in some properties of the aleuron cell layer caused by steam conditioning. *Cereal Chemistry* 41: 401-405.
- [11] Doty, N.C., Bakern, C.W., 1977. Microwave conditioning of hard red spring wheat I. effect of wide power range of flour and bread quality. *Cereal Chemistry* 54: 717-727.
- [12] Kathuria, D.K., Sidhua, J.S., 1984a. Indian durum wheats I. Effect of conditioning treatments on the milling quality and composition of semolina. *Cereal Chemistry* 61: 460-462.
- [13] Kathuria, D.K., Sidhua, J.S., 1984b. Indian durum wheats II. Effect of conditioning treatments on the quality of spaghetti. *Cereal Chemistry* 61: 463-465.
- [14] Daskalova, Z., Baldzhiev, D., Shikrenov, D., 1980. Effect of dielectric heating on conditioning period of wheat. *Khronitelna Promioblenost* 29(5): 19-22.
- [15] Elgün, A., Türker, S., 1995. Mikrodalga uygulamalarının buğdayın tavlama sırasında tanenin kabuk-endosperm ayrışımı ve un özelliklerine etkisi. Selçuk Üniversitesi Araştırma Fonu Başkanlığı Proje No:ZF 92/138, Konya.
- [16] Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O., Gürbüz, F., 1987. *Araştırma ve Deneme Metotları*. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yay. No:295, Ankara.
- [17] Elgün, A., Türker, S., Bilgiçli, N., 2001. *Tahıl ve Ürünlerine Analitik Kalite Kontrolü*. Konya Ticaret Borsası. Yayın No:2 Konya.
- [18] AACCC, 1990. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. 8th ed. St. Paul, Minnesota: AACCC. U.S.A.
- [19] Anonymous, 1982. International Association for Cereal Chemists. ICC Standart No:116.
- [20] Elgün, A., Türker, S., Bilgiçli, N., 2007. *Tahıl Ürünleri Teknolojisi*. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Konya.
- [21] Bass, E.J., 1988. Wheat flour milling. In: *Wheat Chemistry and Technology*, Y. Pomeranz (Ed.), Vol. I. 3rd Ed., AACCC, Minnesota, A.B.D.
- [22] Whitworth, M.B., 1994. Under the spotlight. *International milling flour & Feed* 88(5) Supplement: 10-13.
- [23] Whitworth, M.B., Evers, T.D., Brock, C.J., 1998. On-line measurement of bran in flour by image analysis. 16th ICC Congress 1998, Cereal Science-Its contribution to health and well being, 9-12 May 1988, Viyana, Avusturya.
- [24] Harrigan, K.A., Bussman, S., 1999. Digital image analysis of bran contamination in flour. *Cereal Foods World* 44(1): 12-26.
- [25] Elgün, A., 2002. Buğdayda kalite takdiri ve alınan önlemler. *Konya Ticaret Borsası Dergisi* 5(11): 22-23.
- [26] Perten, H., Bondesson, A., Mjorndal, A., 1992. Gluten index variations in commercial swedish wheat samples. *Cereal Foods World* (37): 655-660.
- [27] Curic, D., Karlovic, D., Tusak, D., Petrovic, B., Dugum, J., 2001. Gluten as a standart of wheat flour quality. *Food Technology and Biotechnology* 39(4): 353-361.
- [28] Dikici, N., 2005. Farklı Tıp Unlarda Ekmekçilik Kalitesi ile Farklı Metotlarla Ölçülen Un ve Hamur Özellikleri Arasındaki İlişkinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- [29] Pomeranz, Y., 1988. *Wheat Chemistry and Technology*. Vol:1-2. AACCC. St. Paul, Minnesota, U.S.A.
- [30] Ercan, R., Seçkin, R., Velioğlu, S., 1988. Ülkemizde yetiştirilen bazı buğday çeşitlerinin ekmeklik kalitesi. *Gıda* 13(2): 107-114.
- [31] Kaya, S., 2007. Süne ve Kımıl Emgili Buğday Tanelerinin Sortex Cihazı ile Ayrılması Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- [32] Göçmen, D., 1991. Marmara Bölgesinde Üretilen Bazı Buğday Çeşitlerinin Ekmeklik Kalitesi Üzerinde Araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi. Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.