



Derleme Makale/Review Paper

Buğday Değirmenciliğinde Un Kalitesine Tesir Eden Kritik Bir İşlem Basamağı: Tavlama

A Critical Process Step Affecting Flour Quality in Wheat Milling: Tempering

Halef Dizlek^{1*}, Mustafa Kurt²

¹ Doç. Dr., Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, OSMANİYE, TÜRKİYE

ORCID ID: 0000-0001-5873-5462

² Uzman, KOSGEB Osmaniye İl Müdürlüğü, OSMANİYE, TÜRKİYE

ORCID ID: 0000-0001-5849-6043

* Yazışmalardan sorumlu yazar /Corresponding author: hdizlek@osmaniye.edu.tr

Geliş Tarihi:28.05.2021

Kabul Tarihi:27.07.2021

Özet

Amaç: Buğday ununun kalitesi, üretiminde kullanılan buğday(lar)ın niteliğine ve buğday ununun üretiminde uygulanan işlem basamaklarına bağlıdır. Un değirmenciliğinde, öğütme prosesinden önce buğdaya uygulanan son işlem basamağı olan tavlama, buğday işleme teknolojisinde hayati bir öneme sahiptir. Buğday tanesinin fiziksel özelliklerini öğütmeye elverişli kılmak ve öğütme kalitesinin yükseltilmesi amacıyla gerçekleştirilen tavlama işlemiyle taneye optimum miktarda su verilir ve buğday kitlesi belli bir süre dinlendirilir. Tavlama buğdaya verilen su, difüzyon yoluyla tane içine girer ve yayılır. Bu suretle, çok rijid bir yapıya sahip olan buğday kabuğu elastik bir yapıya kavuşarak daha kolay kırılır, işletmenin enerji sarfiyatı azalır, birbirine sıkı biçimde bağlı olan tanenin kabuk ve endosperm tabakaları arasındaki bağlar gevşetilerek unun kepekten ayrıştırılması daha kolay bir hal alır ve un randımanı artar. Bu çalışmada, buğday değirmenciliğinde un kalitesine tesir eden kritik bir işlem basamağı olan tavlama tüm detaylarıyla ele alınmıştır.

Anahtar Kelimeler: Tavlama, Tavlama Metotları, Buğday, Un Paritesi, Değirmencilik

Abstract

Objective: The quality of wheat flour depends on the characteristics of the wheat(s) used in its production and the processing steps applied in the production of the wheat flour. In flour milling, tempering, which is the last process step applied to the wheat before the milling process, has a vital role in wheat processing technology. With the tempering process carried out in order to make the physical properties of the wheat grain suitable for grinding and to increase the grinding quality, the optimum amount of water is given to the grain and the wheat cluster is rested for a certain period of time. The water given to the wheat by tempering enters into the grain by diffusion and spreads. In this way, wheat shell, which has a very rigid structure, is broken more easily by reaching an elastic structure, the energy consumption of the enterprise is reduced, and the bonds between the shell and endosperm layers of the tightly connected grain are loosened, making it easier to separate the flour from the bran and the flour yield increases. In this study, tempering, which is a critical process step affecting the flour quality in wheat milling, has been discussed in detail.

Key Words: Tempering, Tempering Methods, Wheat, Flour Parity, Milling

1. Giriş

Buğday, başta ekmek olmak üzere pek çok unlu mamulün üretiminde kullanılan başlıca hammadde olması ve diğer hububat unlarından farklı olarak kendine özgü bir takım özelliklere sahip olması (gluten teşekkülü, viskoelastik nitelikte hamur oluşturması, gaz tutabilme yeteneği ile gözenekli ve kabarık mamul ürün üretimine olanak sağlaması) nedenleriyle ayrıcalıklı bir konuma sahiptir (Dizlek vd., 2006). Birçok ülkede olduğu gibi ülkemizde de gerek ekim alanı gerekse üretim miktarı

bakımından hububatlar içerisinde ilk sırada yer alan buğday (2019 yılı verilerine göre 6831854 ha tarım arazisinde 19 milyon ton buğday üretimi /34,4 milyon ton toplam tahıl üretimimiz; FAO 2021); çeşitli toprak ve iklim şartlarına uygunluğu, tarımının kolay yapılabilmesi, veriminin nispeten yüksek olması, çok çeşitli gıdalara dönüşüm uygunluğu ve beslenme rolü itibarıyla önemli bir kültür bitkisi (Tekeli, 1964; Pyle, 1988). Ülkemizde buğday bazlı ara ürünlerden (un, irmik, nişasta, kepek, ruşeym, tam buğday unu ve bulgur gibi) üretilen mamul

ürünlerin (ekmek, makarna, kek, pasta, bisküvi, kraker, gofret, kurabiye, simit, bazlama, börek, bulgur pilavı gibi) tüketimi günlük diyetimizde ilk sırada yer almakta ve bu gıdalar diğer gıda gruplarına göre belirgin olarak daha yüksek düzeyde talep görmektedir. Bunda, tahılların temel enerji kaynağı olan karbonhidratlar bakımından zengin olması ve ülkemiz insanının unlu mamullere duyduğu yüksek ilgi önemli rol oynamaktadır.

Buğday unu birçok unlu mamulün gerek nitelik ve gerekse nicelik bakımından temel yapısını oluşturduğu için özel bir öneme sahiptir. Tüm diğer ara ürün ve mamul ürünlerin kalitesini tayin eden etmenlerde olduğu gibi buğday ununun kalitesi de; üretiminde kullanılan buğday(lar)ın niteliğine ve buğday ununun üretiminde uygulanan işlem basamaklarına bağlıdır. Bu noktada değirmencinin öğüteceği buğdayda aradığı özellikler şu şekilde özetlenebilir:

1. Buğday, olgun ve dolgun bir yapıda olmalıdır.
2. Buğday, sağlam ve sağlıklı olmalıdır (a.Fiziki ve haşere gibi etkenlerle zedelenmemiş, b.Çimlenmemiş ve iyi depolanmış, c.Mikrobiyal bozulma sonucu hastalanmamış, d.Rutubeti düşük, e.Görünüşü ve rengi kendine has olmalıdır.).
3. Ürün temiz ve yeterince saf olmalıdır (yabancı maddesi düşük, diğer tahıl ve çeşitlerle anormal düzeyde karışmamış olmalıdır.)
4. Buğday kalitatif üstünlüğe sahip olmalıdır; (a.Değirmencilik değeri üstün, kolay işlenen, un verimi [randımanı] yüksek b.Son ürüne [ekmek, bisküvi vs.] uygun kalitede olmalıdır) (Elgün ve Ertugay, 1997).

Buğday tanesi anatomik olarak dıştan içe doğru kabuk (perikarp [meyve kabuğu], testa [tohum kabuğu], hiyalin, aleuron tabakaları; %13-17 [w/w]), embriyo (%2-3 [w/w]) ve endosperm tabakalarından (%80-85 [w/w]) oluşur. Buğday değirmencilikinde amaç, buğdayı kırarak endospermi (un veya irmiği) kabuk ve embriyo tabakalarından (kepekten) ayırmak ve olabildiğince saf bir biçimde elde etmektir.

Değirmencilikte buğdayın un ve irmiğe işlenmesinde yer alan prosesler başlıca 3 grup altında toplanabilir. Bunlar;

- 1- Hazırlık işlemleri (buğdayın; fabrikaya alımı ve depolanması, buğdayın yaş ve/veya genellikle kuru olarak temizlenmesi, yabancı maddelerinden ayrılması, paçal [kupaj] yapılması ve son olarak tavlama),
- 2- Öğütme işlemleri (kırma ve inceltme valsleri ile elek takımları ve irmik-kepek saflaştırma düzenekleri yardımıyla),

3- Un depolama ve paçal işlemleri.

Tüm bu işlem basamakları, elde edilecek olan değirmencilik ürünlerinin (un, irmik, kepek, razmol, bon kalite gibi) kalitatif ve kantitatif özelliklerine etki etmektedir (Kent, 1984; Delcour ve Hosene, 2010).

Bununla beraber, bilhassa hazırlık işlemlerinde ortaya konulan emek ve gösterilen titizlik, paritesi yüksek un ve irmik elde etmenin yanında, işletmenin enerji sarfiyatını azaltmakta ve vals-elek sistemlerinin daha uzun süreli ve randımanlı bir biçimde kullanılmasına neden olmaktadır. Bu nedenlerden dolayı değirmencilikte öğütme öncesinde uygulanan hazırlık işlemleri, üzerinde önemle durulması gereken proseslerdir. Bu işlemler içerisinde tavlama, özel ve önemli bir yere sahiptir (Kurt and Dizlek, 2021).

Buğday tanesinin fiziksel özelliklerini öğütmeye elverişli kılmak ve öğütme kalitesinin yükseltilmesi amacıyla gerçekleştirilen tavlama işlemiyle taneye optimum miktarda su verilir ve buğday kitlesi belli bir süre dinlendirilir. Tavlama buğdaya verilen su, difüzyon yoluyla tane içine girer ve yayılır (Keskinöglü vd., 2001). Bu suretle, çok rijid bir yapıya sahip olan buğday kabuğu elastik bir yapıya kavuşarak daha kolay kırılır (işletmenin enerji sarfiyatı azalır) ve birbirine sıkı biçimde bağlı olan tanenin kabuk ve endosperm tabakaları arasındaki bağlar gevşetilerek unun kepekten ayrıştırılması daha kolay bir hal alır (Cornell ve Hoveling, 1998; Yoo vd., 2009; MacRitchie, 2010; Kurt ve Dizlek, 2021).

Ülkemizde her bölgede yetiştirilebilen buğday yaygın olarak İç Anadolu Bölgesi'nde üretilmektedir. Ülkemizde yıllık olarak üretilen yaklaşık 35 milyon ton hububatın 19-21,5 milyon tonunu (%55-62'sini) yalnız başına buğday oluşturmaktadır. Dünya nüfusuna oranı yaklaşık %1 olan ülkemiz, dünya buğday üretiminde %2,5'luk bir paya sahiptir (FAO, 2021). Buğday ve buğday unu üretimi/ihracatı/ithalatı konularında ülkemiz dünya ülkeleri arasında önemli bir pozisyona sahiptir ve bölgesel anlamda güçlü bir aktördür. Bu bakımdan stratejik öneme de sahip olan buğday ve buğday unu üzerine ülkemizde yapılan bilimsel eksenli çalışmaların ayrı bir öneme sahip olduğu açıktır.

Bilindiği gibi, yeni öğütülmüş buğday unundan yapılan ekmek kalitesi nispeten düşüktür. Bu unların ekmek yapım performansını iyileştirmek için bir süre dinlendirilmesi gerekir. Unların normal şartlarda olgunlaşmaları için öğütme işleminden sonra 3-4 hafta dinlendirilmeye ihtiyaçları vardır. Un olgunlaştırıcı ve ağartıcı kimyasal maddeler (klor gazı, benzol peroksit, potasyum bromat ve azodikarbonamid gibi) arzu edilen iyileştirmeleri birkaç saat içinde gerçekleştirebilir. Bu şekilde işlenen unlar, uzun süreli depolamaya karşı, işlem görmeyenlere göre daha az dayanıklıdır (Dizlek ve

Kurt, 2017). Bu kimyasallar, unun doğal ağartılması konusunda un değirmenlerine/fabrikalarına un depolama alanı ve zamandan tasarruf gibi ciddi avantajlar sağlasa da, insan sağlığı açısından potansiyel bir riske sahiptirler ve bu nedenle günümüzde bu maddelerin kullanımı sınırlandırılmıştır (Kurt ve Dizlek, 2021).

Ülkemizde un ihracatı son yıllarda giderek artan bir ivmeye sahiptir. Bundan dolayı buğday ithalatı yapmaya başlayan, ancak bu buğdayı özelde una ve bazen irmiğe işleyerek katma değer sağlayan değirmencilik sektörünün bilhassa Ortadoğu ülkelerine yapmış olduğu un ihracatında, ithalatçılar tarafından üzerinde önemle durulan bir konu unun renginin bembeyaz olmasıdır (Kurt ve Dizlek, 2020, 2021). Unun renginin açılması ve ağartılmasında yukarıda bahsedilen kimyasal maddeler ve tabii dinlendirme birbirine alternatif iki farklı yöntem olarak dursa da tavlama prosesinin kontrollü ve dikkatli bir biçimde uygulanmasıyla istenilen renk ve kül içeriğine sahip buğday unu üretilebilir. Bu çalışmada, buğday değirmencilikinde un kalitesine etki eden kritik bir işlem basamağı olan tavlama tüm detayları ile ele alınmış ve açıklanmıştır. Söz konusu makalenin değirmencilik sektörüne önemli katkı sağlayacağı ve bu konuda sahada bulunan bilimsel doküman açığını kapatacağı öngörülmektedir.

2. Buğdayın tavllanması

Hububat kitlesinin öğütülmesinden önce optimum tane suyunun sağlanması, başta un verimi olmak üzere diğer kalitatif un nitelikleri bakımından önem arz etmektedir. Tanenin su içeriği, öğütmek için gerekli optimum düzeyin üzerinde ise taneye kurutma işlemi uygulanarak nem düşürülür. Kurutmada normal hava sirkülasyonu kullanıldığı gibi, işlemi hızlandırmak amacıyla zararlı olmayacak şekilde ılık ve sıcak hava sirkülasyonu da kullanılabilir. Yüksek tane nemi; hasat öncesi iklim koşullarının yağışlı olması ve/veya depolama koşullarının uygun olmamasından dolayı hububat kitlesinin ortamdaki ya da çevreden nem çekmesinden kaynaklanabileceği gibi, kitle çok kirli ise temizlik maksadıyla yapılan yaş yıkama sırasında kitlenin fazla su almasından da kaynaklanabilir. Optimum düzey altındaki tane suyu durumunda ise taneye dışarıdan su verilmesi ve tanenin bu nemi homojen olarak absorbe etmesi için uygun bir süre dinlendirilmesi gerekir. Değirmencilikte bu işleme "Tavlama" denir. Taneye su; yıkama sırasında suda kalma süresi ayarlanarak verilebileceği gibi, daha sonra eksik kalan su çeşitli su verme düzenekleri ile de sağlanabilir. Bir diğer ifadeyle tavlama; buğdayın fiziksel özelliklerini öğütmeye en uygun duruma getirme işlemidir.

Un değirmencilikinde buğdayı kırmak ve boyut küçülterek arzu edilen materyali (un, irmik ve nişasta

gibi) ortaya çıkarmak için valsere beslemeden önce öğütmeye hazırlık aşamasında buğdaya uygulanan en son işlem basamağı olan tavlama; buğdaya soğuk veya sıcak su eklenmesi ve bu suyu tanenin emmesi için buğday kitlesinin bir müddet dinlendirilmesi işlemidir. Tanımından da anlaşılacağı üzere, tavlama işleminde ilk olarak buğday kitlesinin nem içeriği belirlenmekte, sonra buna uygun miktarda (yumuşak buğdaylarda hedef nem %14-16 [w/w], sert buğdaylarda ise %16-18 [w/w]) su verilmektedir. Bu işlemden sonra buğday, öğütme için optimum nem dağılımına ve öğütme özelliklerine ulaşana kadar ambarlarda (tav silolarında) dinlenmeye bırakılmaktadır.

Formülize edilecek olursa, buğdayın orijinal (başlangıç) nemine göre tavlama esnasında buğdaya verilecek su miktarı aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanır (Özkaya ve Özkaya, 2005). Tavlama buğday kitlesine verilecek su miktarının tespitinde pratik bir yol olarak AACC Metot 26-95.01 (AACC, 2010)'de verilen tablolardan yararlanılabilir.

$$X = W \times ([M_2 - M_1] / [100 - M_2])$$

X: Tavlama buğdaya verilecek su miktarı (litre)

W: Tavlama buğdayının ağırlığı (kg)

M₁: Buğdayın orijinal rutubeti (%)

M₂: Tavlama buğdayda olması istenen rutubet (%)

Tavlama işlemi (Tempering), iki ana safhayı içine almaktadır. Bunlardan birincisi tane suyunun optimum düzeye getirilmesi için taneye uygun düzeyde su verilmesi işlemidir. İkinci safha ise tane normal dağılım ve fonksiyonunu icra edebilmesi için gereken dinlendirme aşamasıdır (Delcour ve Hosney, 2010). Özkaya ve Özkaya (2005), tavlama işlemi için yukarıdakine benzer bir tanımlama yapmış, kondisyone etme (conditioning) prosesinin ise tavlama uygulanan iki işleme ilave olarak sıcaklık uygulanıp tanenin fizikokimyasal özelliklerini modifiye etme amacını (gluten ve enzim yapısını değiştirme) da içerdiğini belirtmiştir. Söz konusu araştırmacılar, literatürde tavlama ve kondisyone etme ifadelerinin birbiri yerine kullanıldığına da dikkat çekmişlerdir. Tavlama prosesinde buğdayın su emme hızı ve oranı önemlidir. Tavlama işlemi; un ekstraksiyonu ve kepek oranını dengeleyecek şekilde olmalıdır (Hook vd., 1982; Kweon vd., 2009).

Tavlama işleminin değirmencilik açısından işlevleri aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

1. Tanenin kepek tabakası gevrekliğini kaybeder, elastik ve dayanıklı bir yapı kazanır. Bu özellik kepeğin öğütmede toz olmadan, pulcuklar halinde ayrılmasını sağlar.

2. Endosperm ise kepeğin aksine kolayca kırılabilen gevrek bir yapı kazanır. Böylece kepek-endosperm ayrışımı kolaylaşır.

3.Öğütme sonrasında çıkan ürün eleme işlemi için optimal duruma gelir.

4.Öğütme sonucu buğdayın sertliğine göre uygun miktarda un verimi sağlanır (Cornell ve Hoveling, 1998).

Özellikle unun kül içeriğini/kepek kontaminasyonunu düşürmesi noktasında tavlamanın büyük bir etkisi bulunmaktadır. Baklavalık-börekli-yufkalık unlar ile kek, bisküvi üretiminde kullanılacak unların kül içeriğinin düşük olması istenir. Aksi takdirde ürün kalitesi sekteye uğramakta ve örneğin çok ince zar (transparan) halinde açılması gereken baklava-yufka-bazlama hamurlarında kepeğin gluten ağ yapısına hasar vermesiyle yufkalarda yırtılmalar meydana gelmektedir. Diğer taraftan, Ortadoğu'ya un ihracatında paritesi yüksek, daha beyaz unlar tercih edilmektedir. Bahsedilen hususlar tavlamanın ne denli önemli bir proses olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca tavlamanın uygun yapılmaması; değirmencilikte ciddi sıkıntı/sorunlara, emek, işgücü ve zaman kaybına yol açar, tavlama silolarının hacmini arttırır, tavlama süresini uzatır, mekanizasyon ünitelerinin sayısını arttırır, yatırım, işçilik ve bakım masraflarını yükseltir, öğütme için harcanan enerjiyi ve maliyeti arttırır (Kurt ve Dizlek, 2021).

Su verme (tavlama) işlemini takiben buğdaylar, genellikle çapı 150 cm'yi geçmeyen paslanmaz çelik silindirik hücrelerde dinlendirilir. Tavlama siloları, daha ılıman çevre şartlarına sahip olması için değirmen binasının içinde inşa edilir. Daha ılıman şartlarda yapılan dinlendirme ile kalitesi ve paritesi daha yüksek, külü düşük, kaliteli un elde etmek mümkündür. Düşük tonajlı buğday kümeleri (azami 30 ton) için kısa süreli tavlama (9-12 saat) ekonomik açıdan başarılı olabilmektedir. Bunun yanında teoride daha kaliteli un için dinlenmenin en az 24 saat olmak üzere 72 saate kadar uzatılması hususunda tavsiyeler de vardır (Anonim, 2013).

2.1. Tavlamanın amacı ve etki mekanizması

Buğdaya uygulanan tavlama işleminin temel amaçları; buğday tanesinin fiziksel özelliklerini öğütmeye elverişli kılmak (en uygun duruma getirmek) ve öğütme kalitesini yükseltmektir. Bu işlemle taneye optimum miktarda su verilir ve buğday kitlesi belli bir süre dinlendirilir. Tavlama buğdaya verilen su, difüzyon yoluyla tane içine girer ve yayılır (Keskinoglu vd., 2001). Özetlenecek olursa tavlama işleminin amaçları şu şekilde belirtilebilir: Buğdayın daha kolay bir biçimde kırılmasını sağlamak, işletmenin enerji sarfiyatını azaltmak, birim miktardaki buğdaydan daha fazla un elde etmek, kül içeriği düşük un elde etmek.

Tavlama prosesiyle buğdaya verilen suyun tane içine tamamen yayılması sonucu tanede; fiziksel, kimyasal ve enzimatik değişimler meydana gelir ve buğday tanesinde yapısal farklılıklar görülür. Su vererek yapılan tavlama tane bünyesine alınan suyun dağılışı şu şekilde olur: Su, tanenin başakçık eksenine oturduğu kısımdaki hilum denilen dış perikarp bölgesinden içeri girer ve önce perikarp tabakasında yayılır. Perikarpın altındaki testa tabakası suyun embriyo ve endosperme yayılışını düzenler. Hiyalin tabakası meyve kabuğundan içeri alınan suyun endosperm hücre duvarlarında düzenli bir şekilde yayılmasını sağlar. Taneye suyun yayılması ile birlikte, tanenin selülozik materyal kısmı (kabuk tabakası) daha süratli bir şekilde su alarak turgor haline geçer (şişer) ve kabuk kısmı gerilerek çok rijid yapıdan sert – elastik bir yapıya dönüşür (Sünter, 2003). Özetle, buğday tanesinin su verilerek tavlama sırasında su ilk olarak buğdayın kabuk tabakası tarafından emilmekte ve dinlendirme periyodu süresince tanenin iç kısımlarına doğru yayılmaktadır. Suyun tanede dışarıdan içeriye doğru yayılışı sırasıyla perikarp, testa, hiyalin tabakası, embriyo, aleuron tabakası, dış endosperm ve iç endosperm şeklinde olmaktadır.

2.2. Tavlama üzerinde etkili etmenler

Tavlama üzerinde; buğday çeşidi, tane sertliği, buğdayın başlangıç nemi, uygulanacak süre, su miktarı ve sıcaklığı ile elde edilmek istenilen ara ürünün nitelik ve niceliği gibi birçok etmen etkilidir. Aşağıda bu etmenlerin başlıcaları hakkında kısa bilgi verilmiştir.

Buğdayda öğütme ve eleme, tanenin içerdiği su oranından önemli miktarda etkilenir. Tane suyu optimum düzeyin üzerinde ise kepek tabakası çok sert, endosperm yumuşak bir yapı kazanır ve aralarındaki kohezyon artar. Endosperm adeta kabuğa sıvanır. Sonuçta kepek-endosperm ayrışımı zorlaşır ve eleme güçleşir, un verimi düşer. Tanedeki su miktarı düşük olduğunda ise kabuk ve endospermin her ikisi de sert olur ve öğütmede birlikte parçalanarak aralarındaki ayrışma yeteneği azalır. Tane suyu optimum düzeyde olduğu zaman, tanenin kepek tabakası elastik-kuvvetli, buna karşılık endosperm ise gevrek-kırılgan bir yapı kazanır ve uygun öğütme koşulları oluşur. Tavlama prosesinde buğday kitlesine verilecek olan optimum tane suyu, kitlenin özellikle sertlik derecesine bağlı olarak değişir. Tavlama nihai nem; yumuşak/unsu tane yapısında olan buğdaylarda %14-16 (w/w), sert/camsı tane yapısında olan buğdaylarda ise %16-18 (w/w) civarındadır. Sert buğdaylar yumuşak buğdaylara oranla daha fazla optimum su düzeyine sahip olmalarının yanı sıra, suyun taneye alınması ve yayılması da daha uzun sürede olmaktadır. Bu nedenle sert ve yumuşak buğdaylar ayrı ayrı tavlama yapılmalıdır (Cornell ve Hoveling, 1998).

Tavlama üzerinde etkili olan en önemli etmenlerden bir tanesi sıcaklıktır. Tanenin tavlama sırasında sıcaklığın kullanılması başlıca üç amaca dayanmaktadır. Bunlar;

1) Sıcaklığın yükselmesiyle suyun taneye giriş ve tane içinde yayılım hızının artmasıdır. Bu durum tavlama prosesini hızlandırmaktadır.

2) Bazı zayıf buğdayların sıcaklıkla muamele edilmesi onların ekmekçilik kalitesine olumlu etkide bulunmaktadır.

3) Fazla suyun taneden uzaklaştırılması şeklinde yapılan tavlama; sıcak havanın buhar basıncını yükseltmesi ve su tutma kapasitesinin artması taneden su alınmasını, dolayısı ile tane neminin düşmesini sağlar.

Normal şartlar altında tavlama ile buğday kitlesine verilen suyun tane içine alınması 3-5 dakikalık bir zaman alır. Ancak suyun tane içindeki yayılımı 24-72 saatlik bir dinlenme periyoduna ihtiyaç duyar (Elgün ve Ertugay, 1997). Sert buğdaylar yumuşak olanlara göre daha uzun dinlenme süresine ihtiyaç duymaktadır (Cornell ve Hoveling, 1998). Bu durum, sert buğday tanesinin kabuk kısmının çok rijid olmasından ve su geçirgenliğinin yumuşak buğdaya göre daha güç olmasından kaynaklanmaktadır.

2.3. Tavlama yöntemleri

2.3.1. Soğuk tavlama

Oda sıcaklığında musluk suyu kullanılarak yapılan tavlama. Buğday özelliklerine ve çevre şartlarına bağlı olarak dinlenme süresi, 24 ile 72 saat arasında değişir. Bu usulde, buğdayın yeterli suyu alması birkaç dakika içinde başarılırken, bunun tane içinde yayılımı oldukça uzun bir süreyi gerektirir (Elgün ve Ertugay, 1997). Bu yöntemde suyun tane içerisine tekdüze olarak yayılabilmesi için geçen süre uzun olduğundan fazla tav silosu kapasitesine gereksinim vardır. Bu durum maliyeti yükseltmesi bakımından dezavantajdır (Özkaya ve Özkaya, 2005).

2.3.2. Ilık tavlama

Soğuk tavlama, su verilmiş tanede suyun yayılım dengeye ulaşabilmesi için 1-3 güne ihtiyaç varken, 30 ile 46 °C arasında uygulanan ılık tavlama, 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 ve Ertugay, 1997). Tavlama, verilen suyun buğday kabuğundan içeri girmesi yavaş yavaş olmaktadır. Kabuk tabakaları arasındaki su alışverişinin normal sıcaklıkta uzun zaman aldığı, oysa sıcaklık artışı ile su absorpsiyonunun maksimum seviyeye ulaştığı ve bu durumda buğday tanesinin normal şartlar altında

kendi ağırlığının %40'ı (w/w) kadar su alabildiği belirtilmektedir (Lockwood, 1962). Ilık tavlama metodunun soğuk tavlama metoduna göre üstünlüğü ilk olarak Grosse (1929) tarafından ortaya atılmıştır. Wischer vd. (1947), ılık tavlamanın suyun taneye alınmasına, yayılmasına ve tavlama süresinin kısılmasına olumlu etki yaptığını belirlemiştir. Tavlama suyu sıcaklığı 35°C'den 45°C'ye yükseldiğinde endospermin daha fazla gevreklediği ve buna bağlı olarak öğütmenin daha kolaylaştığı saptanmıştır (Cleve, 1958; Keskinoglu vd., 2002).

2.3.3. Sıcak tavlama

Sıcak tavlama, ılık tavlama metodunun modifikasyonu ile gerçekleştirilir. Tavlama prosesi 46°C'den 60-70°C'ye kadar yükseltilebilir. Sıcaklığın 70°C'ye kadar yükseltilmesi tavlama süresini kısaltsa da ciddi riskleri bünyesinde barındırır. Çünkü aşırı sıcaklık uygulamasında buğdayın gluten ve ekmekçilik değeri zarar görebilir. Bu nedenle sıcak tavlama nispeten az uygulanır. Sıcak tavlama, özellikle süne-kımlı tarzı böceklerin tane içerisine salgıladıkları proteolitik aktivitenin düşürülmesinde uygulama alanı bulmaktadır. Bu uygulamayla, proteolitik aktivitesi yüksek buğdaylarda, aktivite zararsız düzeye düşürülebilmekte ve zayıf buğdaylarda öz kalitesi ıslah edilebilmektedir (Elgün ve Ertugay, 1997; Dıraman ve Demirci, 1997; Dizlek ve Gül, 2007).

Hlynka (1974), 55-60°C sıcaklık aralığında yapılan tavlamanın buğdayın ekmekçilik kalitesini arttırdığını bu sıcaklık aralığının buğdayın ekmekçilik niteliklerini geliştirme noktasında üst sınır olduğunu, böyle bir tavlama işleminin 1,5 saat süreyle uygulanmasının yeterli olabileceğini, ancak 60°C'nin üzerindeki sıcaklık uygulamalarının uygun olmadığını bildirmiştir.

2.3.4. Buharla tavlama

Buharla tavlama işlemi, genellikle su buharı ile buğday sıcaklığının artırılması ve suyun bu suretle buğday kitlesine verilmesini kapsamaktadır. Ayrıca buğday rutubetinin istenilen değere getirilebilmesi için bir miktar ilave su verildiği de rapor edilmiştir (Özkaya ve Özkaya, 2005). Buhar uygulaması ile sıcaklığın tane içine nüfuzu 20-30 saniye gibi nispeten kısa bir sürede olmaktadır. Bu sürenin 45-60 saniyeyi bulması durumunda bile buğdayın gluten yapısının zarar görmeyeceği ancak α -amilaz aktivitesinde bir miktar düşüş olabileceği ve bu nedenle buharla tavlama işlemine tabi tutulan buğdayların unlarına ekmek yapımı sırasında amilaz preparatı katkısı gerektiği bildirilmektedir (Elgün ve Ertugay, 1997). Buharla tavlamanın süne hasarlı buğdayların kalitesini ıslah ettiği rapor edilmiştir (Dıraman ve Atlı, 2005; Dıraman vd., 2013). Buharla tavlama, sıcak tavlama olduğu gibi zayıf buğdayları kuvvetlendirmek amacıyla

uygulanmaktadır. Buharla tavlama işlemi, sıcak tavlama göre buğdayın gluten yapısına zarar verme noktasında daha düşük riske sahiptir. Ilık tavlama ile kıyaslandığında buharla tavlama; daha az enerji gerektirir, un verimi yüksektir, öğütme, purifikasyon (irmik temizleme) ve eleme işlemleri daha kolay icra edilir, tavlama daha kısa sürede gerçekleştirilir.

Buharla tavlamanın bir diğer uygulanma biçimi düşük ya da yüksek basınç altında yapılmaktadır. Düşük basınç altında buharla tavlama işleminde proses 3-4 saat gibi kısa bir süreye inmekte, buğday kitlesi 35 °C civarı sıcaklıkta tavlana, sıcaklık sonra vakum süreci içinde 25 °C'ye inmektedir (Posner ve Hibbs, 1997). Yüksek basınçlı buharla tavlama işleminin amacı ise enzim inaktivasyonudur. Bu işlem 100 °C'nin üzerinde 5-10 saniye uygulanır ancak maliyetinin yüksek olduğu bildirilmektedir (Elgün, 2008). Düşük ve yüksek basınçla yapılan buharla tavlama işleminin her ikisinde buğday kitlesine gereğinden daha fazla su verilmekte, sonra vakum altında su miktarı istenilen değere indirilmektedir (Posner ve Hibbs, 1997; Elgün, 2008).

2.3.5. Mikrodalga ile tavlama

Mikrodalga ile tavlama işleminde, buğdayın istenilen neme ulaşması için gerekli tav suyu verilir ve dinlenme sürecinde buğday kitlesi mikrodalga işleme tabi tutulur. Uygulanan mikrodalga sıcaklığına bağlı olarak dinlenme süresi belirlenir. Mikrodalga sıcaklığı arttıkça dinlenme süresi kısalmıştır (Bayrakçı vd., 2010).

Elgün ve Türker (1995), mikrodalga uygulamalarının buğdayın tavlama işleminde tanenin kabuk-endosperm ayrışımı ve un özelliklerine etkisini inceledikleri bir çalışmada Bezostaya-1 ve Gerek-79 buğdaylarını kullanmışlardır. Bezostaya-1 %16, Gerek-79 ise %14 su içerecek şekilde tavlanaştırılmıştır. Tavlı buğday örnekleri mikrodalga işlemi uygulanarak ve uygulanmadan öğütülmüşlerdir. Mikrodalga işleminin, her iki buğdayın un verimini arttırdığı, kül miktarını azalttığı belirlenmiştir. Araştırmada, mikrodalga tavlama işlemi uygulanmayan kontrol örneğiyle kıyaslandığında, mikrodalga uygulamasıyla; un veriminde artış sağlanmış, unun; kül miktarı azalmış, kuru öz miktarı artmış ve ekme hacminde artış olmuştur. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, mikrodalga uygulamasının kabuk-endosperm ayrışımını arttırdığını göstermektedir. Bu durum değirmencilikte un verimi yüksek ancak kül miktarı düşük un üretimi bakımından avantaj oluşturmaktadır. Mikrodalga tavlama işlemi uygulamasıyla süne hasarlı buğdayların kalitesinde benzer olumlu etkinin olduğu Dıraman ve Boyacıoğlu (1997) ile Dıraman (2010) tarafından da bildirilmiştir.

Bayrakçı vd. (2010), 55 °C'ye kadar mikrodalga uygulamasının buğdayın enzim aktivitesinde az miktarda düşüşe, protein miktar ve kalitesinde ise önemli ölçüde artışa yol açtığını, 55 °C'nin üzerindeki mikrodalga uygulamasında ise enzim aktivitesinin yanında gluten kalitesinde de belirgin düşüş meydana geldiğini tespit etmişlerdir. Araştırmacılar, mikrodalga ile tavlama uygulanmış buğdaylardan elde edilen örneklerin kül miktarını kontrol örneğine göre oldukça düşük bulmuş; randıman değerlerinde ise kontrol numunesine göre %10 oranında bir artış olduğunu belirlemişlerdir.

2.3.6. Ultrason uygulaması ile tavlama

Hububat sanayinde kullanımı sınırlı olan ultrason ile tavlama yönteminde, ultrason probu buğday su karışımına daldırılarak ultrasonik vibrasyona tabi tutulur. Buğdayın tavlama sırasında ultrason işlemi uygulamasının tanenin su absorpsiyonuna etkisinin incelendiği bir çalışmada (Yüksel ve Elgün, 2013), farklı düzeyde (%45, %65 ve %75) sert tane içeren buğday örneklerine, normal şartlarda ısıtılma aşamasında 4 farklı genlik seviyede (%0 [kontrol], 20, 60 ve 100) ve 3 farklı sürede (1, 2 ve 3 d) ultrason işlemi uygulanmıştır. Araştırmacılar, ultrason uygulaması ile tavlama işleminin tanenin su alma ve yayılma hızını arttırdığını, sert buğday değirmeni diyagramlarındaki iki aşamalı tavlama, bu yöntemle tek aşamaya indirgeme yönünde umut verici sonuçlar elde edildiğini bildirmişlerdir.

2.3.7. Paçal yolu ile tavlama

Hububat kitlesinin optimum tane nem içeriğine getirilmesi ve böylece öğütme performansının geliştirilmesi amacıyla uygulanan bir diğer yöntem paçal işlemiyle su optimizasyonudur. Çünkü, yıkama işleminden sonra tane suyu optimum düzeyin altında ve üstünde olan buğday partileri elde edilebilir. Böyle durumlarda paçal yapılarak su miktarı optimum düzeye ayarlanır ve zamana bağlı olarak difüzyonla taneler arası dengenin oluşması beklenir. Ancak bu metot, zaman alıcı bir metottur. Bilindiği üzere, istenilen kalitatif nitelikte buğday unu elde etmek için nitelikleri belirlenen buğday partilerinin belirli ölçüler dâhilinde birbirleriyle karıştırılması işlemine değirmencilikte "Paçal" denilmektedir (Dizlek ve Özer, 2016, 2017). Böylece nem içeriği yüksek olan buğday kitleleri nemi düşük olan buğdaylarla paçal yapılarak, nem içeriği düşük olan buğday kitleleri ise nemi yüksek olan buğday örnekleriyle belirli ölçüler dâhilinde karıştırılarak tavlanaştırılır. Bu işlem ayrıca, nemi yüksek olan hububat kitlelerinin ekonomiye tekrar kazandırılması açısından da büyük öneme sahiptir. Nitekim nemi yüksek olan kitlenin kimyasal, enzimatik ve mikrobiyolojik bozulmaya uğrama riski çok yüksektir.

2.3.8. Enzimatik tavlama

İşlevsel özelliklerinden dolayı enzimler genellikle una ekme yapımında yoğurma aşamasında eklenir. Fakat bu uygulama, enzimin doz aşımı ve un/hamur içerisinde homojen dağılmamasından dolayı bazı sorunlara yol açabilir. Rosell vd. (2003), buğday glutenini iyileştirmek için alternatif bir yöntem olarak, öğütme prosesinde enzim kullanımı üzerinde durmuşlardır. Araştırmacılar, tavlama suyuna glikoz oksidaz (GO) veya transglutaminaz (TG) eklenmesinin buğday ununun gluten oluşturma kapasitesini geliştirdiğini bildirmişlerdir. Bu nedenle buğday tavlama suyuna selülaz, ksilanaz ve β -glukanaz gibi hücre duvarını parçalayan enzimlerin veya GO, TG eklenmesi spesifik özelliklerde un elde etmek için yeni bir yöntem olabilir. Özetle enzimatik tavlama, buğdayı tavlama için kullanılan suya enzim preparatlarının eklenmesi ile gerçekleşir (Haros vd., 2002).

Haros vd. (2002), buğdayın tavlama çözültisine karbohidraz (sellülaz, ksilanaz, β -glukanaz) eklenmesinin unun ekme kalitesi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Araştırmacılar; sellülaz ve ksilanaz enzimlerinin unun su absorpsiyonunu, gelişme süresini ve stabilitesini azalttığını, β -glukanaz enziminin ise söz konusu değerleri arttırdığını, karbohidraz enzimlerinin ekme kalitesini iyileştirdiğini (daha iyi ekme şekline, ekmeğin özgül hacminde artışa ve ekmeğin içi sertliğinde azalmaya yol açtığını) tespit etmişlerdir. Ksilanaz'ın denemede kullanılan enzimler içerisinde en olumlu etki gösterdiği belirlenmiştir.

Yoo vd. (2009), düşük tav nemi ve sert öğütmenin un verimini arttırabileceğini ancak yüksek kül içeriği, koyu renk gibi istenmeyen kalite parametrelerine neden olabileceğini belirtmişlerdir. Araştırmacılar, bu soruna çözüm alternatifi olarak buğdayın dış kabuğunun fiziksel yapısını değiştirerek kepeğin undan ayrılmasına yardımcı olunabileceği fikrini ortaya atmışlar ve bunu enzimatik tavlamanın başarabileceğini belirtmişlerdir. Söz konusu araştırmacılar, tavlama suyuna hücre duvarını yıkıcı enzimlerin eklenmesinin öğütme performansı ve un kalitesine etkisini araştırmışlardır. Bu amaçla çalışmalarında enzim aktivitelerine göre eşit oranda ksilanaz, selülaz ve pektinaz içeren bir enzim karışımı (1 birim enzim preparatı 31,68 μ g selülaz, 26,36 μ g ksilanaz ve 127,94 μ L pektinaz içermektedir) hazırlayan araştırmacılar tavlama suyuna eklenen enzimlerin un randımanında herhangi bir artışa neden olmadığını gözlemlemişlerdir. Enzimatik tavlama ile tavlama buğdaydan elde edilen unun protein miktarı, enzim uygulaması yapılmadan tavlama örneğine göre yüksek çıkmıştır. Her iki uygulamanın (enzim uygulaması ve uygulamaz) ekme kalitesi üzerine etkisini de

inceleyen araştırmacılar; ekme hacimleri bakımından iki uygulama arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılığın oluşmadığını, ancak 5 günlük depolama sonrasında enzimatik tavlama prosesi ile üretilen ekmeğin enzim uygulaması yapılmayan kontrol ekmeğine göre daha sıkı bir iç yapısına sahip olduğunu bildirmişlerdir.

2.4. Tavlamanın buğday, un, hamur ve ekme kalitesi üzerine etkileri

Buğday değirmenciliğinde tavlama işleminin uygun bir biçimde yapılması, üzerinde önemle durulması gereken bir konudur. Aksi takdirde tavlama ile beklenen yararlar sağlanamaz; ara ve mamul ürün nitelikleri arzu edilen yönde gelişmez. Farklı araştırmacılar tavlama konusunda yaptıkları çalışmalarda farklı tav metotları, tav normları uygulamışlar ve doğal olarak farklı buğdaylar kullanmışlardır. Bununla birlikte tavlama prosesinin buğday, un, hamur ve ekme kalitesi üzerine etkileriyle ilgili olarak konuyla ilgilenen uzmanlar tarafından yaygın olarak kabul edilen hususlar şöyle özetlenebilir:

Tavlama ile buğdayın nem miktarı artar. Kabuğa elastik, endosperme ise kırılabilir ve gevrek bir yapı kazandırılır. Kabuk ile endosperm arasındaki bağlar gevşetilir ve buğdayın daha kolay bir biçimde kırılarak un/irmişe işlenmesi mümkün olur (Cleve, 1958; Cornell ve Hoveling, 1998; Özkaya ve Özkaya, 2005; Yoo vd., 2009).

Tavlama ile unun; kül miktarı azalır, rengi açılır, paritesi yükselir. Genel olarak un randımanı artar (Elgün ve Türker, 1995). Unda uygun bir partikül iriliği dağılımı elde edilir ve unun elenmesi kolaylaşır (Özkaya ve Özkaya, 2005). Tavlama buğdaya verilen su miktarının artışına paralel olarak unun su tutma yeteneği artar, protein ve gluten miktarı azalır, ancak gluten kalitesinde yükselme meydana gelir (Warechowska vd., 2016). Uygun yapılan bir tavlama işlemiyle; süne ve kıvılcık gibi zararlıların buğdaya verdiği hasarın un ve hamura geçiş düzeyi azaltılır. Elgün ve Ertugay (1997), bu şekilde proteolitik aktivitesi yüksek olan buğdaylara uygulanacak sıcak tavlama ile proteolitik aktivitenin zararsız düzeye düşürülebildiğini ve zayıf buğdaylarda özlülüğün arttırılabileceğini belirtmişlerdir. Proteolitik aktivitenin aksine tavlama işleminin unun amilolitik aktivitesinde bir değişikliğe neden olmadığı öngörülmüştür (Sünter, 2003). Warechowska vd. (2016), gluten kalitesi düşük buğday çeşidinin tavlama muamelesi ile gluten indeksinde (kalitesinde) artış meydana geldiğini; bu değişimin tavlamanın buğdayın ekme kalitesini arttırdığına işaret etmişlerdir.

Tavlama prosesi uygulanarak elde edilen unların hamurları, tavsız buğdayların unlarından elde edilen

hamurlara göre genel olarak – sınırlı ölçekte de olsa – daha iyi özellik gösterir. Bu bağlamda tavlama ile hamur örneklerinin direnci, elastikiyeti, gaz tutma yeteneği ve işlenebilirliği artar; uzama kabiliyeti düşer (Özkaya ve Özkaya, 2005; Kurt, 2019). Tekeli (1964), Dıraman ve Atlı (2005), süne-kımlı zararına uğramış buğdayların buhar ile tavllanmasıyla hamur işlemedeki olumsuz durumların (yapışkan, cıvık, akıcı hamur karakteristiği, şekil verilmesi zor olan hamur, elde ve makinede işleme yeteneği az olan hamur) giderilebileceğini belirtmişlerdir. Benzer biçimde Posner ve Hibbs (1997), 36-43 °C sıcaklık aralığında yapılan tavlama işleminin hamurların akıcılık ve yayılma gibi olumsuz özelliklerini önlediğini bildirmişlerdir. Warechowska vd. (2016), tavlama muamelesi görmüş buğdaya ait hamurun yoğurma sırasında daha stabil bir yapıya sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Konuyla ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde; tavllanmış buğdaylardan üretilen unlardan yapılan ekmeklerin hacim, gözenek yapısı ve tekstürel özelliklerinin aynı buğdayların tavlansızdan öğütülmesiyle elde edilen unlardan yapılan ekmeklere göre daha üstün kalitatif niteliklere sahip olduğu kanısına varılmıştır (Ertugay vd., 1995; Bayrakçı vd., 2010; Warechowska vd., 2016; Kurt ve Dizlek, 2020). Özellikle ısı işlem içeren tavlama metotlarının zayıf özlü buğdayların ekmeklik niteliklerini geliştirdiği belirtilmiştir (Tekeli, 1964).

2.5. Tavlama konusunda günümüze kadar yapılan çalışmalar

Stenvert ve Kingswood (1976), kısa süreli yapılan tavlama işleminde taneyle verilen suyun yoğun olarak embriyoda ve kepek tabakasında biriktiğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar, tavlama işleminden sonra suyun tane içerisinde homojen olarak dağılması için 6 ile 24 saat arasında bir süreye gereksinim olduğunu, optimum tav süresini belirleyen etmenin ise buğdayın cinsi ve özellikleri olduğunu belirtmişlerdir.

Finney ve Bolte (1985), buğdayın tavlama süresini 18-24 saatten 30 dakikaya düşürmek için deneysel mikro öğütme metodu üzerinde çalışmışlardır. Araştırmacılar, söz konusu yöntemde buğdayı 15 d süre ile %2 tav nemine ön tavlama tabii tutmuş ve ön kırma işlemi uygulamışlardır. Sonra buğday istenen nem miktarına kadar 15 d süreyle tavlansız ve mikro öğütme işlemi ile un elde edilmiştir. Toplam işlem zamanı böylece 30 d civarına inmiştir. %2 oranında su ilavesiyle yapılan ön tavlama kepeği sertleştirdiğinden buğday ilk kırma işlemine tabii tutulduğunda kepek halen sağlam kalmış ve çatlamış/kırılmış endosperm ile bir arada tutunmuştur. Bu nedenle endosperm bir sünger gibi davranarak hızlı ve tekdüze şekilde suyu yaklaşık 15 d içinde absorbe etmiştir. Araştırma sonucunda mikro

öğütme metodu (15 d tavlama) ile elde edilen un verimi, kül ve protein miktarı değerleri klasik yöntemle tavlansız (18-24 saat süreyle tavlama) numunelerle yakın sonuçlar vermiştir.

Özkaya (1986), buğdayın absorbe edebileceği maksimum su miktarının sıcaklıkla belirgin olarak değişmediğini ancak sıcaklık normunun artmasına karşın tavlama süresinin azaldığını bildirmiştir. Araştırmacı; tav neminin buğday kitlesi içerisinde homojen olarak yayılması konusunda şu değerlere yer vermiştir: oda sıcaklığında 48-72 saat, 27 °C'de 24 saat, 40 °C'de 8 saat, 60 °C'de 2 saat ve 80 °C'de 40 dakika.

Cornell ve Hoveling (1998), soğuk tavlama işleminde sert buğday için verilen tav neminin tane içerisinde homojen yayılması için gereken sürenin 36 saate kadar çıkabildiğini, yumuşak buğdaylar için ise sadece 4 saat gibi kısa bir sürenin yeterli olduğunu belirtmişlerdir.

Ibanoğlu (2001), yumuşak ve sert buğday örneklerinin ozonlu su kullanılarak (1,5 ve 11,5 ppm ozon) tavlansızın un randımanı, unun reolojik, kimyasal, renk ve mikrobiyolojik özellikleri üzerine etkilerini incelemiştir. Araştırmacı; buğdayın ozonlu suyla tavlansızın unun kimyasal, fiziksel ve reolojik özelliklerini değiştirmediğini, ancak toplam bakteri, küf/maya sayısında istatistiksel olarak önemli düzeyde azalma meydana geldiğini, 11,5 ppm ozon düzeyine kadar tav suyuna ozon katılmasının un kalitesinde herhangi bir gerilemeye neden olmadan yumuşak ve sert buğdayların tavlansızında başarı ile kullanılabilirliğini belirlemiştir. Konu hakkında yapılan diğer bir çalışmada (Mudawi vd., 2016), ozonlu su (0, 1 ve 5 ppm) ile tavlamanın 2 farklı Sudan buğdayına ait unun fizikokimyasal özellikleri üzerindeki etkileri araştırılmış ve Ibanoğlu (2001) ile benzer bulgular elde edilmiştir. Gadien (2005), ozonlu su (0, 1 ve 5 ppm) ile tavlama sonucu elde edilen unun su absorpsiyonunun ozonsuz tavlansız kontrol örneğinden düşük olduğunu bildirmiştir. Araştırmacı, tavlama suyundaki ozon miktarının artışına koşut olarak Debaria buğdayına ait ekmeğin özgül hacminde azalma, Elneelain buğdayına ait ekmeğin özgül hacminde ise artış gözlemlenmiştir.

Keskinoğlu vd. (2002), ticari bir un değirmeninde buğdayın tavlansızında soğuk su yerine sıcak su kullanılarak yapılan ılık tavlama uygulamasının öğütme kalitesi üzerine etkilerini incelemişlerdir.

Tavlama sıcak (33 °C) ve soğuk (20 °C), tav suyu vermede dört farklı kombinasyon kullanılmıştır. Araştırmada, ılık tavlamanın öğütme kalitesine etkisini tespit etmek amacıyla; patent un verimi, kümülatif kül kurveleri, un pasajlarının kül ve öz miktar ve kalitesi incelenmiştir. Bulgular; ılık tavlamanın öğütme kalitesini olumlu etkilediğini, su veriminin ilerleyen aşamalarında verilen sıcak suyun

unda kül miktarını ve kümülatif kül kurvesi kurve altı alanını düşürücü etkide bulunduğunu ortaya koymuştur.

Walde vd. (2002), farklı nem içeriklerine sahip buğday örneklerini 15-150 s arasında değişen periyotlarda ev tipi mikrodalga fırında kurutmuş ve ardından öğütmişlerdir. 120 s mikrodalga işlemi uygulanan örneğin, kontrol örneğiyle karşılaştırıldığında daha fazla gevrek yapı kazandığı ve bu örneğin öğütülmesinde daha az öğütme enerjisine ihtiyaç duyulduğu belirlenmiştir.

Sünter (2003), buğdayın farklı sıcaklık ve sürelerde tavlama süresinin unun bazı özellikleri üzerine etkilerini araştırmıştır. Araştırmacı; 12, 24, 36 ve 48 saat tavlama sürelerinden sonra un ve hamur özelliklerindeki değişimleri incelenmiştir. Çalışmada tavlama işlemi iki farklı sıcaklıkta gerçekleştirilmiştir: normal oda sıcaklığı (25 °C) ve ılık su sıcaklığı (45 °C). Araştırma bulguları, ılık tavlamanın un verimini soğuk tavlama göre %1 azalttığını göstermiştir. Araştırmacı, artan tavlama süresine karşın unun kül miktarının azaldığını gözlemlemiştir.

Kweon vd. (2009), tavlama koşullarının (başlangıç buğday nemi [%7 ve %10,2], tavlama sıcaklığı [25 °C ve 45 °C] ve tavlama süresi [3 saat ve 24 saat]) 3 farklı yumuşak kırmızı kışık buğdayın (Severn, Cyrus, Roane) öğütme karakteristikleri ve unun işlevselliği üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada, %15'e tavlama süresinden elde edilen un verimi ve kül miktarı %12'ye tavlama süresinden ve kül miktarından daha düşük bulunmuştur. Araştırmacılar, unun işlevselliği açısından istenilen özellikleri karşılamak için tavlama ile buğdaya verilen nem miktarının azaltılmasının un verimini artırabileceğini bildirmişlerdir. Bu etkinin, tavlama süresinin ve başlangıç buğday neminin artırılması ile geliştirilebileceği belirtilmiştir.

Sabillon vd. (2016), organik asit (asetik, sitrik, laktik ve propiyonik) ve tuzlu çözeltiler ile tavlamanın buğdayın mikrobiyal yükünü azaltması konusunda çalışmışlardır. Araştırma bulguları, organik asit ve tuzlu çözeltiler ile tavlamanın, su ile geleneksel tavlama göre buğday tanesinin mikrobiyal yükünü daha etkili bir şekilde azalttığını göstermiştir. Bu nedenle, söz konusu çözeltilerin yüzey dezenfektanı olarak kullanılabilirliği, böylesi bir tavlama ile tanelerin optimum öğütme rutubetine ulaşabileceği ve öğütülmüş ürünlerde mikrobiyal kontaminasyon riskinin azalacağı beyan edilmiştir.

Warechowska vd. (2016), tavlama rutubetinin; öğütme performansına, öğütmede kullanılan enerji miktarına ve unların ekmeklik kalitesine etkisini araştırmışlardır. Araştırmada, 3 adet sert buğday (Cytra, Parabola ve Radunia) ve 1 adet orta-sert buğday (Astoria) kullanılmıştır. Çalışmada ilk

olarak buğday örnekleri 30 °C'de %50 nisbi nemde kurutulmuş, sonra %12, %14, %16 ve %18 rutubete ayrı ayrı tavlama yapılmıştır. Daha sonra tav nemini absorbe etmeleri için buğday örnekleri 25 °C'de 24 saat dinlenmeye bırakılmıştır. Araştırmacılar tüm örneklerde rutubet %12'den %18'e arttığında öğütmede kullanılan enerji miktarının arttığını, ancak %14 ve %16 tav nemli örnekler arasında – öğütmede kullanılan enerji miktarı bakımından – belirgin bir fark görülmediğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar, tavlama buğday tanelerinin rutubeti arttıkça öğütmede kullanılan enerjinin arttığını, öğütme performansının, un veriminin, unun protein ve gluten içeriğinin azaldığını, farinograf gelişme süresinin kısaldığını (Cytra çeşidinde yarıya düştüğünü), ancak gluten ağ yapısının mekanik olarak güçlendiğini ve hidrasyon kapasitesinin arttığını tespit etmiş; hamurun oluşumunda tavlama muamelesinin olumlu etkisini; unun su absorpsiyonunun artmasına ve yoğurma sırasında daha stabil bir hamur yapısının oluşmasına bağlamışlardır. Çalışmada; tav neminin buğdayın öğütme verimi üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu, buğday çeşidi fark etmeksizin tav neminin %12'den %18'e yükselmesinin un verimini düşürdüğü tespit edilmiştir. Bu sonuç, diğer araştırmacıların bulguları ile uyumludur (Dexter ve Martin, 2002; Kweon vd., 2009). Araştırmacılar, tüm örneklerde %16 tav neminin un verimini azaltıp daha düşük kül miktarı ile un kalitesini arttırdığını, %12 tav neminin ise un verimini ve kül miktarını arttırdığını saptamışlardır. Tav neminin elde edilen unun protein miktarı üzerinde de önemli etkisi vardır (Dennett ve Trethowan, 2013). Tav nemi arttıkça unun protein miktarının azaldığı tespit edilmiştir. Azalan protein miktarı yaş gluten miktarına yansımış, yaş gluten miktarı da azalmıştır. Su kaldırma ve gluten indeks değerlerinde ise artış gözlenmiştir. Bu zıtlık filizlendirme sürecini modellemek için tavlama metodunu uygulayan Mis (2003) tarafından da belirtilmiştir. Özetle, tavlama ile buğdaya verilen nem miktarının artmasına koşut olarak gluten miktarında azalma ancak gluten kalitesinde artış meydana gelmiştir. Çalışmada kullanılan gluten kalitesi düşük buğday çeşidinin tavlama muamelesi ile gluten indeksindeki (kalitesindeki) artış daha belirgin bir biçimde ortaya çıkmıştır. Bu değişimler, glutenin ekmeklik kalitesinin artmasında tavlamanın pozitif etkisini ortaya koymuştur. Araştırmacılar, farinogram sonuçlarına göre tav neminin %12'den %18'e çıkarılmasının unun su kaldırma kapasitesinde artışa yol açtığını bildirmişlerdir. Bu duruma gerekçe olarak, %18 nem içeriğine sahip olan buğdayın öğütmede daha fazla enerji sarfi gerektirmesine ve artan enerji sarfiyatının nişasta granüllerine verdiği yüksek hasardan kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir. Konuyla ilgili olarak Barrera vd. (2007), mekanik olarak hasar görmüş nişastanın

sağlam nişastaya göre daha fazla su absorbe ettiğini, bu durumun unun hidrasyon kapasitesinde bir artışa yol açtığını bildirmişlerdir.

Değirmencilikte unun kalitesi; buğdayın özelliklerine (Campbell ve Webb, 2001; Campbell vd., 2007), değirmen tasarımına ve çalışma koşullarına bağlıdır (Baasandorj vd., 2015). Tavlama prosesinde tanenin nem içeriğinin artması öğütme prosesinde enerji tüketiminin artmasına sebep olur (Walde vd., 2002).

Kurt ve Dizlek (2021, 2022), buğdaya uygulanan iki aşamalı tavlama işleminin buğdayın teknik değer ölçütleri üzerindeki etkilerini araştırmışlar ve çalışmalarında, çeşit özellikleri farklı 2 buğday örneği (Adana-99 ve Rus) kullanmışlardır. Her bir buğday çeşidinde tavlama ile ilgili 4 ayrı muameleye yer veren araştırmacılar, tavlama muamelesinin kontrol örneğine göre unun fiziksel (randıman ve renk) ve kimyasal özelliklerinde sınırlı, reolojik özelliklerinde ise belirgin iyileşme sağladığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar, tavlama muamelesinin un örneklerinin kül miktarında daha belirgin olmak üzere protein miktarında azalmaya, gluten kalitesinde ise artışa yol açtığını, iki aşamada yapılan tavlama işleminin, hamurun direnç, oran ve enerji değerlerini önemli ölçüde arttırdığını, iki aşamalı tavlamanın hamurun en önemli kalite kriterleri olan kuvvetini, mukavemetini ve gaz tutma yeteneğini tavsız ve bir kez tavlı uygulamalara göre belirgin olarak arttırdığını, bir kez tavlı örnekler arasında 48 saat süreyle tavlamanın un niteliklerini daha fazla geliştirdiğini saptamışlardır.

4. Kaynaklar

AACC, (2010). *Approved methods of analysis of the American association of cereal chemists*, 11th Ed. Method 26-95.01. Experimental Milling: Temper Table. Approved November 3, 1999. St. Paul, MN: Cereals & Grains Association.

Anonim, (2013). *Buğday tavlama*. Milli Eğitim Bakanlığı, Gıda Teknolojisi Ders Modülü, Ankara.

Baasandorj, T., Ohm, J.B., Manthey, F. and Simsek, S. (2015). Effect of kernel size and mill type on protein, milling yield and baking quality of hard red spring wheat. *Cereal Chemistry*, 92(1), 81-87.

Barrera, G.N., Perez, G.T., Ribotta, P.D. and Leon, A.E. (2007). Influence of damaged starch on cookie and bread-making quality. *European Food Research and Technology*, 225(1), 1-7.

Bayrakçı, H., Türker, S., Elgün, A., Ertaş, N. ve Bilgiçli, N. (2010). Buğdayın tavlama sırasında mikrodalga uygulamasının öğütme ve ekmekçilik kalitesine etkisi. *Akademik Gıda Dergisi*, 8(6), 6-12.

3. Sonuç

Buğdayın una işlenmesi safhasında özellikle buğdayın hazırlama ünitesinde gösterilecek titizlik ve uygulanacak işlem basamaklarının optimum koşullarda gerçekleştirilmesi arzu edilen kalitede, yüksek paritede un eldesi için özel bir öneme sahiptir. Bu işlemler içerisinde tavlama, çok özel ve önemli bir konumdur. Sade bir ifadeyle tavlama; buğdayın fiziksel özelliklerini öğütmeye en uygun duruma getirme işlemidir. Tavlamayla çok rijid bir yapıya sahip olan buğday kabuğu elastik bir yapıya kavuşarak daha kolay kırılır, işletmenin enerji sarfiyatı azalır, endosperme gevrek bir yapı kazandırılır, birbirine sıkı biçimde bağlı olan tanenin kabuk ve endosperm tabakaları arasındaki bağlar gevşetilerek unun kepekten ayrıştırılması daha kolay bir hal alır, un randımanı artar ve unun renk-kül değeri istenilen sınırlara getirilir. Tavlama üzerinde; buğday çeşidi, tane sertliği, buğdayın başlangıç nemi, uygulanacak süre, su miktarı ve sıcaklığı ile elde edilmek istenilen ara ürünün nitelik ve niceliği gibi birçok etmen etkilidir. Soğuk, ılık, sıcak, buharla, mikrodalga, ultrason uygulamasıyla, paçalla ve enzimatik yöntemle olmak üzere belli başlı 8 farklı tavlama metodu vardır. Dikkatli ve amacına uygun bir biçimde yapılan tavlama ile buğday bazlı ara ve mamul ürün kalitesinde ciddi kazanımlar elde edilirken, özensiz ve hatalı yapılan tavlama neticesinde zaman, işgücü, emek konularında zayıf, işletmenin enerji sarfının artması ve un randımanının azalması gibi maddi kayıplar oluşur. Bahsedilen tüm bu nedenlerden dolayı tavlama, buğday unu değirmencilikinde üzerinde önemle durulması gereken son derece hayati bir prosesdir.

Campbell, G.M. and Webb, C. (2001). On predicting roller milling performance Part I: The breakage equation. *Powder Technology*, 115(3), 234-242.

Campbell, G.M., Fang, C. and Muhamad, I.I. (2007). On predicting roller milling performance VI: Effect of kernel hardness and shape on the particle size distribution from first break milling of wheat. *Food and Bioprocess Technology*, 85(1), 7-23.

Cleve, H. (1958). Konditionierungsprobleme. *Die Mühle*, 95, 182.

Cornell, H.J. and Hoveling, A.W. (1998). *Wheat - chemistry and utilization*. Lancaster: Technomic Publishing Company Incorporated.

Delcour, J.A. and Hosney, R.C. (2010). *Principles of cereal science and technology*. St. Paul, MN: AACC Incorporated.

Dennett, A.L. and Trethowan, R.M. (2013). Milling efficiency of triticale grain for commercial flour production. *Journal of Cereal Science*, 57(3), 527-530.

Dexter, J.E. and Martin, D.G. (2002). The effects of wheat moisture content and reduction roll temperature and differential on the milling properties of Canadian hard red spring wheat. *Association of Operative Millers Bulletin*, July, 7807-7814.

Dıraman, H. (2010). Effect of microwaves on technological and rheological properties of suni-bug (*Eurygaster spp*) damaged and undamaged wheat flour. *Food Science and Technology Research*, 16(4), 313-318.

Dıraman, H. ve Atlı, A. (2005). Buharla tavlamanın süne (*Eurygaster spp.*) hasarlı buğdayların bazı gluten niteliklerinde oluşturduğu fiziksel değişimler. *GAP IV. Tarım Kongresi, Kongre kitabı* (1466-1471 ss.). Şanlıurfa, Türkiye.

Dıraman, H. ve Boyacıoğlu, M.H. (1997). Unlara mikrodalga işleminin uygulanması üzerine çalışmalar. II. Süne hasarlı unlarda mikrodalga işlemi uygulaması ile görülen bazı kalitatif ve reolojik değişimler. *Un Mamulleri Dünyası*, 5(6), 4-10.

Dıraman, H. ve Demirci, M. (1997). Süne hasarlı unlarda ısıtma işleminin ve bazı katkıların gluten kalitesi üzerine etkileri. *Un Mamulleri Dünyası*, 6(1), 4-11.

Dıraman, H., Boyacıoğlu, M.H., Boyacıoğlu, D. ve Khan, K. (2013). Süne (*Eurygaster spp*) hasarlı buğdayların bazı protein fraksiyonları ve farinogram değerleri üzerine buharla tavlamanın etkileri. *Gıda Dergisi*, 38(6), 359-365.

Dizlek, H. and Kurt, M. (2017). An important phenomenon in the production of wheat flour: Bleaching. *VIII International Agriculture Symposium (AGROSYM 2017)*, Book of proceedings (578 p.). Jahorina, Bosnia and Herzegovina.

Dizlek, H. and Özer, M.S. (2016). The improvement of bread characteristics of sunn pest (*Eurygaster integriceps*) damaged bread wheat by blending application and using additives. *Quality Assurance and Safety of Crops and Foods*, 8(3), 427-437.

Dizlek, H. and Özer, M.S. (2017). Improvement of physical, physicochemical, and rheological characteristics of sunn pest (*Eurygaster integriceps*) damaged wheat by blending. *Quality Assurance and Safety of Crops and Foods*, 9(1), 31-39.

Dizlek, H. ve Gül, H. (2007). Süne zararlı buğday unlarının ekmeklik kalitesinin iyileştirilmesi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(1), 51-58.

Dizlek, H., Özer, M.S., Altan, A. ve Gül, H. (2006). Buğdaydaki gluten proteinlerinin birbirleriyle etkileşimleri. *Hububat Ürünleri Teknolojisi Kongre ve Fuarı*, Kongre kitabı (280-286 ss.). Gaziantep, Türkiye.

Elgün, A. (2008). *Tahıl işleme teknolojisi ders notları*. Konya: Selçuk Üniversitesi Yayınları.

Elgün, A. ve Ertugay, Z. (1997). *Tahıl işleme teknolojisi*. Erzurum: Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Tesisi.

Elgün, A. ve Türker, S. (1995). *Mikrodalga uygulamalarının buğdayın tavlama süresinde tanenin kabuk-endosperm ayrışımı ve un özelliklerine etkisi*. Konya: Selçuk Üniversitesi Araştırma Fonu Başkanlığı Proje No: ZF 92/138.

Ertugay, Z., Çelik, İ., Elgün, A. ve Ertugay, M.F. (1995). Süne (*Eurygaster Spp.*) zararı görmüş buğday ile görmemiş buğdaya farklı tavlama metodları uygulamasının III. Ekmek özellikleri üzerine etkisi. *Un Mamulleri Dünyası*, 4(4), 10-16.

FAO (2021, May 06)). Statistical data of FAO. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>.

Finney, K.F. and Bolte, L.C. (1985). Experimental micromilling: Reduction of tempering time of wheat 18-24 hours to 30 minutes. *Cereal Chemistry*, 62(6), 454-458.

Gadien, K.A.E.R. (2005). *Influence of tempering with ozonated water on selected properties of Sudanese wheat flour (oxygreen process)*. University of Khartoum, Department of Food Sciences and Technology, Khartoum.

Grosse, A. (1929). Sollicheinen weizervorbereiter einbauen. *Die Mühle*, 66, 1089-1094.

Haros, M., Rossel, C.M. and Benedito, C. (2002). Improvement of flour quality through carbohydrases treatment during wheat tempering. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(14), 4126-4130.

Hlynka, I. (1974). *Wheat – chemistry and technology*. St. Paul, MN: AACC Incorporated.

Hook, S.C.W., Bone, G.T. and Fearn, T. (1982). The conditioning of wheat: The influence of varying levels of water addition to UK wheats of flour extraction rate, moisture and color. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 33(7), 645-654.

Ibanoğlu, Ş. (2001). Influence of tempering with ozonated water on the selected properties of wheat flour. *Journal of Food Engineering*, 48(4), 345-350.

Kent, N.L. (1984). *Technology of cereals*. Oxford: Pergamon Press.

Keskinoğlu, R., Elgün, A. ve Türker, S. (2001). Bir değirmeninde uygulanan farklı ılık tavlama işlemlerinin öğütme kalitesine etkisi. *Gıda Dergisi*, 26(6), 419-427.

Keskinoğlu, R., Elgün, A. ve Türker, S. (2002). Bir un değirmeninde uygulanan farklı ılık tavlama işlemlerinin öğütme kalitesine etkisi. II. Topyekün öğütme kalitesi kontrolünde kümülatif kül kurvesinin kullanılması. *Gıda Dergisi*, 27(2), 137-142.

- Kurt, M. (2019). *Ekmeklik buğdaylara (Triticum aestivum L.) iki kez uygulanan tavlama işleminin unun kimyasal, teknolojik, reolojik ve ekmeklik özelliklerine etkisi*. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Osmaniye.
- Kurt, M. and Dizlek, H. (2021). The effects of two-step tempering treatment on the physical, chemical and technological properties of flour in bread wheats (*Triticum aestivum L.*). *Kahramanmaraş Sutcu Imam University Journal of Agriculture and Nature*, in press.
- Kurt, M. and Dizlek, H. (2022). The effects of two-step tempering treatment on the rheological characteristics of flour in bread wheat (*Triticum aestivum L.*). *Kahramanmaraş Sutcu Imam University Journal of Agriculture and Nature*, in press.
- Kurt, M. ve Dizlek, H. (2020). Ekmeklik buğdaylara (*Triticum aestivum L.*) iki aşamalı uygulanan tavlama işleminin unun ekmeklik özelliklerine etkisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 18, 445-453.
- Kweon, M., Martin, R. and Souza, E. (2009). Effect of tempering conditions on milling performance and flour functionality. *Cereal Chemistry*, 86(1), 12-17.
- Lockwood, J.F. (1962). *Flour milling*. London: Henry Simon Limited.
- MacRitchie, F. (2010). *Concepts in cereal chemistry*. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Mis, A. (2003). Changes in water absorption of gluten as a result of sprouting of wheat grain. *International Agrophysics*, 17(1), 25-30.
- Mudawi, H.A., Saifeldin, M.K.A. and Gadien, K.A.E.R. (2016). Influence of tempering with ozonated water on rheological properties and baking quality of Sudanese wheat flour. *International Journal of Agricultural and Environmental Research*, 2(3), 204-211.
- Özkaya, H. (1986). *Öğütme teknolojisi ve un kalitesi*. Ankara: SEGEM seminer notları.
- Özkaya, H. ve Özkaya, B. (2005). *Öğütme teknolojisi*. Ankara: Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları.
- Posner, S. and Hibbs, A.N. (1997). *Wheat flour milling*. St. Paul, MN: AACC Incorporated.
- Pyler, E.J. (1988). *Baking science and technology*. Manhattan, KS: Sosland Publishing Company.
- Rosell, C.M., Wang, J., Aja, S., Bean, S. and Lookhart, G. (2003). Wheat flour proteins as affected by transglutaminase and glucose oxidase. *Cereal Chemistry*, 80(1), 52-55.
- Sabillon, L., Stratton, J., Rose, D.J., Flores, R.A. and Bianchini, A. (2016). Reduction in microbial load of wheat by tempering with organic acid and saline solutions. *Cereal Chemistry*, 93(6), 638-646.
- Stenvert, N.L. and Kingswood, K. (1976). An autoradiographic demonstration of the penetration of water into wheat during tempering. *Cereal Chemistry*, 53(2), 141-149.
- Sünter, K. (2003). *Buğdayın farklı sıcaklık ve sürelerde tavlama işleminin unun bazı özellikleri üzerine etkisi*. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Tekeli, S.T. (1964). *Hububat teknolojisi*. Ankara: Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Walde, S.G., Balaswamy, K., Velu, V. and Rao, D.G. (2002). Microwave drying and grinding characteristics of wheat (*Triticum aestivum*). *Journal of Food Engineering*, 55(3), 271-276.
- Warechowska, M., Markowska, A., Warechowski, J., Mis, A. and Agnieszka, N. (2016). Effect of tempering moisture of wheat on grinding energy, middlings and flour size distribution, and gluten and dough mixing properties. *Journal of Cereal Science*, 69, 306-312.
- Wischer, F.W., Shellenberger, J.A. and Pence, R.O. (1947). Relationship of the physical properties of wheat flour to granulation. *Cereal Chemistry*, 24, 381-393.
- Yoo, J., Lamsal, B.P., Haque, E. and Faubion, J.M. (2009). Effect of enzymatic tempering of wheat kernels on milling and baking performance. *Cereal Chemistry*, 86(2), 122-126.
- Yüksel, Y. ve Elgün, A. (2013). Buğdayın ıslatılması sırasında ultrason işlemi uygulamanın tanenin su absorpsiyonu üzerine etkisi. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 15(2), 1-14.