

Buğdayın Bulgura İşlenmesi Sırasında Nişastada Meydana Gelen Fizikokimyasal Değişmeler

Muharrem CERTEL — Zeki ERTUGAY

Atatürk Üniversitesi Zir. Fak. Gıda Bilimi ve Tek. Bölümü — ERZURUM

ÖZET

Bu araştırma bulgur üretim prosesinin ısı işlem aşamasında nişastadan meydana gelen değişimlerin termo analitik bir yöntem olan mikrokolorimetri (DSC) ile tayinini amaçlamıştır. Araştırma, Tr. durum ve Tr. aestivum türlerine ait birer çeşit ve bunlardan 4 farklı pişirme yöntemiyle üretilen bulgurlar üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Çirişlenme özellikleri buğday türüne bağlı olarak farklılıklar göstermiştir. Tr. durum türü buğday Tr. aestivum türüne göre daha düşük sıcaklıkta çirrişlenmeye başlarken daha yüksek çirrişlenme pik ve bitiş sıcaklığı göstermiştir. Ortalama çirrişlenme nisbetleri ise DSC ölçümleri ile geleneksel yöntemle bulgurlarda % 74,42, otoklavda pişirilenlerden % 78,67, kısa süreli (49 saniye) ışınlanarak pişirilenlerde % 80,45, uzun süreli (90 saniye) ışınlanarak pişirilenlerde ise % 90,93 olarak tesbit edilmiştir. Buğdayın bulgura işlenmesi sırasında amiloz-lipit komplekslerinde ise önemli bir değişim tesbit edilememiştir.

ZUSAMMENFASSUNG

PHYSIKOCHEMISCHE VERÄNDERUNGEN DER STÄRKE WÄHREND DER UMWANDLUNG VON WEIZEN IN BULGUR

Die Absicht dieser Forschung ist, bei den *Triticum durum* und *Triticum aestivum* Weizen und bei den aus beiden Weizensorten durch verschiedenen Wärmebehandlungen hergestellten Bulguren in jedem Schritt des Verfahrenswegs auftretenden physikochemische Veränderungen der Stärke mittels DSC-messungen festzustellen.

Die Verkleisterungseigenschaften der Stärke zeigten die von den erblichen Faktoren abhängige Unterschiede. Die Verkleisterung fängt bei der Weizensorte *Tr. durum* bei niedrigerer Temperatur im Vergleich zu bei der Weizensorte *Tr. aestivum* an. Aber die Verk-

leisterungspeak- und Verkleisterungsendtemperatur liegen bei der Weizensorte *Tr. durum* höher als bei der Weizensorte *Tr. aestivum*. Die Stärke zeigte bei der Herstellung von Bulgur durch traditionelles Kochen durchschnittlich 74,47 %, durch Autoklavieren 78,67 % durch kurzzeitige (49 Sek.) infrarot Bestrahlung 80,45 % und langzeitige infrarot Bestrahlung 90,93 % Verkleisterungsgrad, der mittels DSC-messungen festgestellt wird. Bei der Umwandlung von Weizen in Bulgur wurde keine wichtige Veränderung bei der Amylose-lipidkomplexen festgestellt.

GİRİŞ

Geleneksel Türk gıdaları arasında önemli bir yeri olan bulgur, (Seçkin, 1968) temiz buğdayın 2-3 misli su ile pişirilerek veya temiz taneye % 40 ± 1 su emdirildikten sonra tanenin ısı işleme tabi tutularak kurutulduktan sonra % 3 su ilave ederek 10 dakikalık bir tavlama ile kabuğu kısmen soyulup kırılarak iniliğine göre tasnif edilmesiyle üretilmektedir (Certel ve ark., 1989; Certel, 1990). Bulgurun üretim sürecinde, buğdayın bulgura dönüşmesini sağlayan en önemli işlem hidrotermik muameledir. Zira bu işlem ile canlı olan buğday tanesi bu özelliği kaybetmekte, tanenin enzimleri inaktive olmakta, tanenin mikroflorası hemen hemen tamamen tahrip edilmekte, en önemlisi de nişasta su olarak şişmekte, jelatinize olmakta ve fizikokimyasal değişime uğramakta, proteinler ise denatüre olmaktadır. Bütün bu değişimlerin sonucu un su veya camısı olan tane yapısı protein ve nişasta jelinin bir birine kaynaşması sonucu camısı ve oldukça sert bir yapı kazanmaktadır. Bunlara ilaveten buğdayın ham kokusu kaybolmakta, bulgura has tat ve aroma gelişerek yeni bir ürün olan bulgur, genel anlamıyla bu işlemten sonra ortaya çıkmaktadır (Elgün ve ark., 1986, 1990; Certel, 1990).

Buğdayın bulgura işlenmesi ile ortamdaki mevcut fazla sudan dolayı nişastada meydana gelen en önemli olay çirşlenmedir. Ayrıca, pişirilmiş bulgurun soğutma ve kurutulması sırasında çirşlenmiş nişastanın yeniden organizasyonudur. Bunlara bağlı olarak, üründe su aktivitesinin artması ve ürünün su bağlama özelliklerinin azalması gibi değişmeler görülür. Çirşlenme özelliği, bulgur üretim teknolojisi açısından olduğu gibi, bulgurun depolanması ve piyasaya arz edilişi açısından da büyük öneme sahiptir. Nişastada meydana gelen değişmelerin tesbit ve takibinde ise son yıllarda mikrokaleorimetrik yöntemler yoğun kullanım alanı bulmaktadır (Certel ve Ertugay, 1991 a,b; Münzing ve Bolling, 1989; Mahnke ve ark., 1989; Münzing ve Gaida, 1986). Bugün mikrokaleorimetri, tahıl tanesi bileşenlerinin su bağlama özellikleri, nişastanın çirşlenme özellikleri, Amiloz-lipit komplekslerinin tesbiti ve değişiminin takibi, doğal nişastanın yapı değişimlerinin tesbit ve takibi gibi kalite ve proses kontrolü açısından son derece önemli unsurların tesbit ve takibinde etkin kullanıma sahiptir (Certel ve Ertugay, 1991 b).

Nişastanın birçok özelliklerinin belirlenmesinde; ısı uygulamalarının depolanmanın, kötü depo şartlarının, iklim şartlarının, hasat sonu kurutmanın, hububatın terlemesinin ve hububatın değişik ürünlere işlenmesinin nişasta üzerindeki etkileri gibi hususlar ve özellikle büsküvi tipi ekstrüzyon ürünlerinde proses kontrolü amacı ile gıdada meydana gelen değişmeler mikrokaleorimetrik olarak araştırılmıştır (Certel ve Ertugay, 1991 b). Ancak bulgur ve üretim sürecindeki değişimlerle ilgili herhangi bir mikrokaleorimetrik veya kaleorimetrik çalışmaya rastlanılmamıştır.

Mahnke ve arkadaşları (1989) yulaf ezmesi üretiminde, üretim sürecinin değişik aşamalarında aldıkları örneklerdeki nişastanın değişimini Differential Scanning Calorimetry (DSC) ile takip etmişler ve neticede çirşlenmenin olabilmesi için yulafın en az % 30 su içermesi gerektiğini, ezme üretim sürecinde verilen ısı miktarına paralel çirşlenme derecesi gözlemlendiğini tesbit etmişlerdir. Aynı araştırmacılar yapmış oldukları bu çalışmada, kullan-

dıkları enzimatik, mikroskopik, analitik ve reolojik yöntemlere göre DSC'nin nişastanın çirşlenme ve diğer özelliklerinin tesbit ve takibinde çok daha etkin olduğunu bildirmişlerdir.

Hoover ve arkadaşları (1988) bezelye tanesi ve nişastasının lipit bileşimini ve nişastanın ısı özelliklerini DSC ile araştırıp buğday nişastasının özellikleriyle mukayese etmişlerdir. Yapılan başka bir çalışmada büsküvi tipi ekstrüzyon ürünlerinde proses optimizasyonu amacı ile termodinamik özelliklerin belirlenmesinde etkin olan DSC'nin kullanılabilmesi gösterilmiştir (Nestl ve ark., 1989).

Tahıl teknolojisinde işleme tekniklerinin diyetetik lif maddeleri üzerindeki etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, ekmek üretimi sırasında nişastada meydana gelen bir değişimin bu maddeleri artırdığı saptanmıştır. Bu artışın ise kristalize Amilozdan kaynaklandığı enzimatik, amperometrik ve termoanalitik (DSC) olarak gösterilmiştir. Böyle bir dönüşüm reaksiyonu için ise 140-170°C sıcaklığa ulaşılması gerektiği bildirilmiştir (Sievert, 1987; Sievert ve ark., 1987).

Eberstein ve arkadaşları (1980) nişastaların DSC ile karakteristik özelliklerinin gayet doğru ve isabetli bir şekilde tesbit ve takip edilebileceğini göstermişlerdir. Yine bitkisel orijinli gıdalarda DSC'nin biyopolimerlerin bileşim ve yapısı, serbest su ve ergime entalpisi, nişastanın çirşlenme özellikleri, retrogradasyonu, amiloz-lipit kompleksleri, protein donatasyonu gibi olayların tesbit ve takibinde kullanılabilmesi çeşitli araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Münzing ve Gaida, 1986; Münzing ve Bolling, 1989 a, b; Greenwood ve Muirhead, 1966; Münzing ve Bolling, 1989; Certel ve Ertugay, 1991 a, b).

Bulgur üretiminde özellikle işleme mühendisliği yönünden önemli olan; pişirici kapasitesinin ve belli miktar su emdirilerek su muhtevası nişastanın çirşlenebileceği seviyenin üzerine çıkarılmış buğday için transfer edilmesi gereken ısı enerjisi miktarının belirlenmesidir. Bu tayinlerde kullanılacak en etkin yöntem

ise kalorimetrik yöntemdir. Buğday türüne bağlı olarak, bulgur üretimi için verilmesi gereken ısı enerjisi miktarının bilinmesi, pişiricinin daha doğru ve isabetli seçilmesini mümkün kıldığı gibi optimum düzeyde pişirme ile de, kaliteden fedakarlık etmeden, üretim girdilerinden tasarruf imkanı sağlamaktadır.

Bu çalışmada farklı ısı işlem uygulamaları ile üretilen bulgurların çirleşme özelliklerinin mikrokalerimetrik olarak araştırılması ve fiziksel yöntemlerle belirlenen bu özelliklerin değişiminin, çalışma prensibi elektronik ve termoanalitik alan mikrokalerimetri ile tayin ve takibi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

1. Materyal

Bu çalışmada 1988 yılı ürünü bir makarnalık (Batı Trakya orijinli bir Yunan durum çeşiti) ve bir ekmeçlik sert buğday (Kuzey Ren Westfalya orijinli Ralle) çeşiti ile bunlardan dört farklı yöntemle üretilen iri bulgurlar, mekanik olarak nişastayı en az zedeleyen (Mahnke ve ark., 1989) BIZERBA diskli öğütücüde 850 µ elek altına tüm materyal geçecek şekilde kırılarak kullanılmıştır.

2. Yöntem

2.1. Bulgur Pişirme Yöntemleri

2.1.1. Geleneksel Yöntemle Pişirme : Buğdaylar iyice yıkandıktan sonra 6 kg buğdaya 9 kg su verilerek 1,5 saat pişirilmiş ve % 12 suya kadar kurutulmuştur.

2.1.2. Otoklavda Pişirme : Yıkanmış buğdaylar, 60°C'de 3 saat ıslatılarak, ortalama % 40 ± 1 su içeriği temin edilmiştir (Edwards, 1964). Bu şekilde yeterli suyu emmiş bulunan buğdaylar paslanmaz çelik tel sepetler içinde otoklav tabanına 1,5 litre safsu konduktan sonra 120°C'de 15 dakika pişirilmiş ve % 12 suya kadar kurutulmuştur (Shetty ve Amla, 1972).

2.1.3. Kızıl Ötesi Işınlama İle Pişirme

2.1.3.1. Kısa Süreli Işınlama İle Pişirme : 3 saat süreyle 60°C de suda ıslatılan buğdaylar, mikronizer aletinin besleme bandının hızı

ayarlanarak, üç seferde (14 + 21 + 14) toplam 49 saniye ısı işlemine tabi tutulduktan sonra, son sıcaklığında (90-95°C) yarım saat kapalı bir kaptaki bekletilerek kurutulmuştur (Certel, 1990).

2.1.3.2. Uzun Süreli Işınlama İle Pişirme :

Aynı şekilde ıslatılmış buğdaylar mikronizer besleme bandının hızı ayarlanarak (33 + 33 + 33) toplam 99 saniye muamele edilmiş, son sıcaklığında (100-105) yarım saat kapalı bir kaptaki bekletilerek kurutulmuştur (Certel, 1990).

2.2. Analiz Yöntemleri

2.2.1. Analitik Yöntemler : Araştırmada kullanılan buğdaylarda protein ICC - 105, kül ICC - 104, nişasta ICC - 123 (Anonymous, 1980) ham lif ve yağ tayinleri ise Anonymous'a (1978) göre yapılmıştır.

2.2.2. Pişirme Derecesinin Kontrolü : Bulgurların pişme derecelerinin tayininde taneler enine kesilerek kesit yüzeylerinin tamamen camsı görünüm arz edip etmediği kontrol edilmiştir (Seçkin 1968). Bu fiziksel ve duyu analizi sonuçlarına göre yukarıda verilen bulgur pişirme normları tesbit edilmiştir.

2.2.3. Termoanalitik Yöntem : NETSCH DSC

444 tipi ikiz kalorimetrede, ısı işlem sonucu bulgur haline getirilmiş ve bunların üretildiği doğal buğdaylardan hazırlanan materyalden 50 mg alınıp 3 katı su ile sulandırıldıktan sonra 3 saat oda sıcaklığında otoklav tipi kapsülükte hidrasyona bırakıldı. Daha sonra bu örnekler otoklav tipi kapsülükler içinde ikiz kalorimetrede sıcaklık dakikada 3°K artacak şekilde 130°C'ye kadar ısıtıldı. Bu ısıtma işleminin her anındaki iç enerji değişimi bir başka ifade ile katı-sıvı sistemler için entalpi değişimi bilgisayar yardımıyla termogram halinde elde edildi ve termogramlardan bilahare çirleşme başlangıç ve bitiş sıcaklığı, pik sıcaklığı ve çirleşme sıcaklık aralığındaki entalpi değişimleri ve çirleşme nisbetleri sistem bilgisayarı yardımı ile elde edilmiştir. Entalpi değişimleri kullanılan örnek miktarı ve su içeriği dikkate alınarak J/g kuru madde cinsinden hesaplanmıştır.

Farklı ısı işlem uygulanmış bulgurlarda DSC vasıtası ile çirilenmemiş ve çok az da çiriledikten sonra retrograde olmuş nişastanın % 300 gibi sulu bir ortamda tamamen çirileştirilmesi için gereken ısı miktarı (çirilenme entalpisi) ölçülmüş ve buradan bulgurların çirilenme dereceleri hesaplanmıştır.

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Değişik şekillerde pişirilen iri bulgurlar ve bunların elde edildiği buğdaylar üzerinde yapılan DSC ölçümlerinden elde edilen sonuçlar toplu olarak Çizelge 1'de verilmiştir. Bu değerlerin elde edildiği termogramlar ise birleş-

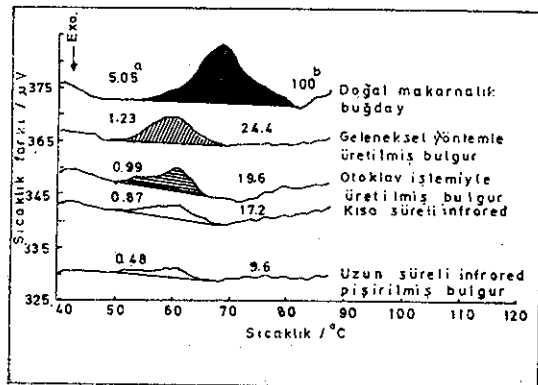
tirilmiş olarak Şekil 1 ve 2 de gösterilmiştir. Denemede kullanılan buğdaylardan makarnalık çeşitin, % 14,7 protein % 67,6 nişasta, % 2,37 hamlif, % 1,77 kül, % 1,98 yağ, ekmeklik çeşitin % 13,2 protein, % 68,7 nişasta, % 2,32 hamlif, % 1,68 kül, % 1,85 yağ içerdiği tesbit edilmiştir.

Bu araştırmada termogramlar amiloz - lipit komplekslerinin teşekkül ve yıkımının gerçekleştiği sıcaklık aralıklarını da kapsayacak şekilde çizilmiştir, ancak, bu bölgede önemli bir değişim tesbit edilemediği için, burada bunlara yer verilmemiştir.

Çizelge 1. Çeşitli Pişirme Yöntemleri Uygulanarak Üretilen Bulgurlar Bunların Yapıldıkları Buğdaylar Üzerinde Yapılan DSC Ölçümlerinin Sonuçları

Buğday Türü	Uygulanan Pişirme Şekli	Çirilenme Başlangıç Sıcaklığı (°C)	Çirilenme Bitiş Sıcaklığı	Çirilenme Pik Sıcaklığı	ΔH Çirilenme Entalpisi J/g	DSC'de Çirilenme Derecesi %	Bulgura İşleme sırasındaki çirilenme %
Tr. aestivum (Makarnalık)	Pişirilmemiş (Kontrol)	52,1	81,7	67,4	5,052	100	0
	Geleneksel	52,0	81,5	67,5	5,050	100	0
		49,8	68,5	60,5	1,303	25,8	74,2
	Otoklav	50,4	69,1	60,2	1,232	24,4	75,6
		49,9	68,5	60,8	0,992	19,6	80,4
	Kısa Süreli Işınlama	50,0	66,0	59,9	0,941	18,6	81,4
		47,7	68,0	61,1	0,867	17,2	82,8
	Uzun Süreli Işınlama	47,4	65,4	60,6	0,878	17,4	82,6
		49,9	68,0	60,1	0,484	9,6	90,4
	50,0	68,1	60,1	0,489	9,7	90,3	
Tr. aestivum (Ekmeklik)	Pişirilmemiş	54,3	74,8	65,3	4,784	100	0
	Geleneksel	54,1	74,6	65,5	4,784	100	0
		48,0	67,0	59,5	1,288	26,9	73,1
	Otoklav	45,7	68,0	58,3	1,204	25,2	74,8
		47,8	66,4	58,5	1,184	24,7	75,3
	Kısa Süreli Işınlama	48,4	66,0	58,1	1,184	24,7	75,3
		47,8	68,0	59,5	1,098	22,9	77,1
	Uzun Süreli Işınlama	49,4	65,9	60,9	1,092	22,8	77,2
		52,1	65,3	60,2	0,412	8,6	91,4
	52,0	65,5	60,1	0,400	8,4	91,6	

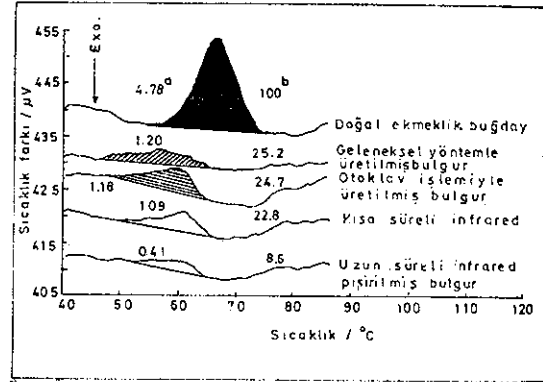
Metot kısmında da belirtildiği üzere çirilenme nisbetinin tesbitinde çirilenme entalpisi değişimi esas alınmıştır. Burada buğdaylar (doğal nişasta) için herhangi bir problem söz konusu değildir. Ancak, bulgurlar önceden pişirilip soğutulduğu için, soğutma ve kurutma işlemleri sırasında, bulgura pişirme ile çirilenen nişastanın bir kısmı yeniden organize olmuş (retrograde) olabilir. Böylece, DSC ile çirilenme sıcaklık aralığında yapılan ölçümlerle gerek retrograde ve gerekse pişirme sırasında çirilenmemiş nişastanın çirilenme entalpileri tayin edilmektedir. Bu çalışmada, bulgurlar kontrollü ve standart şartlarda üretildikleri için tüm bulgurlarda meydana gelen yeniden organizasyon derecesini eşit ve sabit kabul etmek mümkündür. Araştırma sonuçları da bu kabullenmenin yanlış olmadığını göstermektedir (Çizelge 1, Şekil 1,2). Çirilenme entalpisini tanımlamadan önce iç enerji ve iç enerji değişimi terimlerinin tanımlanmasında yarar vardır. İç enerji (E) bir sisteme verilen enerjinin tamamıdır. Sisteme verilen enerjinin bir kısmı işe çevrilirken, diğer bir kısmı ise ısı olarak sistemde kalmaktadır. Enerjinin korunumu kanununa göre, sistemde ısı halinde kalan bu enerji, sistemin iç enerji değişimi (ΔE) olarak tanımlanmaktadır. Entalpi (H), iç enerji ile basınç (P) ve hacmin (V) bir fonksiyonu olarak şöyle tanımlanır: $H = E + PV$. İç enerji ile entalpi arasındaki bağıntıdan hareketle, sıvı ve katı reaksiyon ortamları için hacim değişimleri ihmal edilebilecek kadar



Şekil 1. Doğal Tr. durum türü buğday ve bundan çeşitli pişirme yöntemleri ile üretilen bulgurlara ait birleştirilmiş termogramlar. (a: ΔH J/g kurumadde, b: DSC'de % Çirilenme)

küçük olduğundan ($\Delta H = \Delta E$), entalpi değişimi iç enerji değişimine eşit kabul edilebilmektedir (Sarıkaya, 1986; Gürüz, 1986). Bu çalışmada da çirilenme entalpisi; çirilenme başlangıç ve bitiş sıcaklıkları arasında meydana gelen pik alanı, bir başka ifade ile bu aralıkta meydana gelen iç enerji değişimi esas alınarak hesaplanmıştır.

Denemede kullanılan doğal makarnalık buğday çeşitinin çirilenme başlangıç sıcaklığı doğal sert ekmeklik buğday çeşitinden daha düşük iken çirilenme pik ve çirilenme bitiş sıcaklıkları ekmeklik buğday çeşitinden daha yüksek bulunmuştur. Bunlara paralel olarak da makarnalık buğdayın çirilenme entalpisi, ekmeklik buğdaydan % 5.58 daha yüksek olmuştur (Çizelge 1, Şekil 1,2). Bu bulgular, ekmek-



Şekil 2. Doğal Tr. aestivum türü buğday ve bundan çeşitli pişirme yöntemleri ile üretilen bulgurlara ait termogramlar, a: ΔH J/g kurumadde, b: DSC'de % Çirilenme)

lik buğdaylarda çirilenmenin daha hızlı ve çabuk, makarnalık buğdaylarda ise kısmen yavaş gerçekleştiğini göstermektedir. Buradan, bulgur üretim teknolojisi açısından önemli bir sonuç çıkarmak mümkündür. Bu da, makarnalık buğdaydan bulgur üretirken pişirme için verilmesi gereken ısı, ekmeklik buğdaya kıyasla daha fazla, süre de daha uzundur. Buğdayların çirilenme sıcaklıklarında tesbit edilen bu değişimler, çeşitli buğday türlerinde nişastanın bulunuş şekli, amiloz ve amilopektin miktarlarının farklılığı, nişasta ile kompleks teşkil edilebilen proteinlerle lipitlerin çeşit ve miktarlarının değişkenliğiyle açıklanmaktadır (Zobel, 1984; Dengata, 1984; Pomeranz, 1985; Certel,

1990). Bunlara ilaveten nişastanın botanik orijini de çirilenme sıcaklığını belirleyen önemli bir faktördür (Leach, 1965).

Her iki tür buğdayda da, pişirme işlemi sonucu çirilenme başlangıç ve bitiş sıcaklıkları düşmüştür. Ancak bu düşme, durum buğdayında üretilen bulgurlarda ortalama çirilenme başlangıç sıcaklığında 2,66°C iken, aestivum türü buğdaydan üretilen bulgurlarda 5,20°C çirilenme bitiş sıcaklığında ki ortalama düşüş ise durum türünden üretilen bulgurlarda 13°C, aestivum türü bulgurlarda ise 9,44°C olmuştur. Çirilenme pik sıcaklıklarındaki ortalama düşme durum türünün bulgurlarında 7,04°C iken aestivum türünün bulgurlarında 6°C bulunmuştur. Bunlara paralel olarak da durum buğdaylarından aynı şartlarda üretilen bulgurlar, aestivum türünden üretilene göre daha yüksek nisbette çirilenmiş veya bu bulgurlardaki nişasta yüksek çirilenmeden sonra daha az retrograde olmuştur. Buna benzer bulgular, doğal ve retrograde olmuş farklı kökenli nişastalarda da saptanmıştır (Eberstein, ve ark., 1980).

Bilindiği üzere çirilenmeyi oluşturan değişimlerin detayları tam olarak tanımlanmış değildir. Çirilenme, genel anlamda zor çözünen bir madde olan nişastanın çözünür bir forma dönüşmesidir. Bu aynı zamanda nişasta için bir faz değişimidir. Çirilenme olayı; sulu ortamda nişastanın ısıtılması sonucu su alıp şişmesi ve granüler yapısının genişlemesi ve deformasyonu şeklinde cereyan etmektedir. Nişastanın moleküller üstü yapısındaki çözülmeye; nişastanın molekülle arası ve molekülle içi hidrojen bağlarının ısıtma sonucu endotermik olarak kırılarak azaltılması neden olmaktadır (Mahnke ve ark., 1989). Bu bilgiler ve yukarıdaki bulgulara dayanarak, bulgur pişirme sürecinde durum buğday nişastanın çirilenmesi için aestivum buğdayıninkine göre daha uzun süreli fakat daha düşük debide ısı'nın transfer edilmesi gerektiği söylenebilir. Öteyandan araştırma sonuçları da durum buğdaylarından bulgur yaparken aestivum buğdaylarına göre daha fazla ısı'nın transfer edilmesi gerektiğini göstermiştir (Çizelge 1).

Farklı pişirme işlemlerinin çirilenme nisbeti üzerindeki etkileri tek tek incelenirse;

pişirilmemiş doğal buğdaya göre geleneksel yöntemle 1,5-saat pişirilen bulgurlarda en düşük % 74,4 olmak üzere otoklavda 120°C'de 15 dakika pişirilen bulgurlarda % 78,1, kısa süreli kızılötesi ışınlanmış ise pişirilen bulgurlarda % 79,9 uzun süreli kızıl ötesi ışınlanarak pişirilen bulgurlarda ise en yüksek % 90,0 çirilenme derecesi tespit edilmiştir. Özetlemek gerekirse; bütün pişirme yöntemlerinde durum türü buğday daha yüksek çirilenme derecesi göstermiş en düşük çirilenme derecesine ise uzun süreli (99 saniye) kızılötesi ışınlama ile pişirme sonucu ulaşılmıştır. Bu bulgular, çirilenme için suyun yanısıra, gerekli ısı enerjisinin transfer şekil ve debisinin de çirilenme üzerinde önemli etkenler olduğuna göstermektedir (Certel, 1990).

İşleme mühendisliği açısından, bulgur üretiminde en önemli işlem basamaklarından birini oluşturan pişirme, dolayısı ile çirileştirme; geleneksel yöntemle düşük yoğunluktaki ısı'nın yavaş transferi ile 1,5 saatte, otoklavda daha yoğun ısı'nın basınçlı ortamda daha hızlı transferi ile 15 dakikada, kısa süreli ve uzun süreli ışınlamalarda ise çok yoğun ısı'nın daha etkin ve hızlı transferiyle 49 ve 99 saniyede ve çok daha yüksek düzeylerde gerçekleştirilebilmektedir (Certel, 1990).

Çirilenme nisbetinin mikrokalorimetrik yöntemle entalpi değişimine bağlı olarak saptanmasıyla elde edilen bu bulgular literatürlerde bildirilen, bulgurun tamamen çirileştirilmiş bir ürün olduğu ifadesi (Schäfer, 1962; Seçkin, 1968; Saraçoğlu ve İbiş, 1982; Elgün ve ark., 1986) ile çelişmektedir. Ancak bulgurun kısmen çirilenmiş bir ürün olduğunu rapor eden araştırmacılar da vardır (Edwards, 1964). Bu durum, pişmiş tanenin değerlendirilmesinde esas alınan kriterlerin farklılığından kaynaklanmaktadır.

Sonuç olarak bu çalışmada, farklı türlere ait buğdaylardan değişik pişirme yöntemleri kullanılarak elde edilen bulgurlarda, işlem görmemiş buğdaylara göre meydana gelmiş olan fiziksel, fizikokimyasal ve termodinamik değişimler DSC kullanılarak bilimsel olarak ortaya konmuştur.

TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın gerçekleşmesinde büyük fedakarlıklarla her türlü kolaylığı sağlayan Prof. Dr. Peter Gerstenkorn ve Dr. Klaus Münzing'e şükranlarımızı sunarız. Yine bu araştır-

manın yürütülmesi sırasında büyük yardımlarını gördüğümüz Bundesforschungsanstalt für Getreide- und Kartoffelverarbeitung, Institut für Mülleneitechnologie, enstitüsünün diğer çalışanlarına teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Anonymous, 1978, Standard - Methoden für Getreide, Mehl und Brot, Arbeitsgemeinschaft Getreideforschung e. V., Moritz Schäfer-Verlag, Detmold, p. 39, 63, 89.
- Anonymous, 1980 Standard - Methoden der International Gesellschaft für Getreidechemie. Moritz Schäfer Verlag, Detmold.
- Certel, M., Mahnke, S. and Gerstenkorn, P., 1989. Bulgur - nicht nur enine türkische Getreidespezialität. Die Mühle und Mischfuttertechnik, 126 (27/28), 414.
- Certel, M. 1990. Makarnalık (Tr. durum) ve Ekmeklik (Tr. aestivum) Buğdaylardan Farklı İşli İşlem Uygulamalarıyla Üretilen Bulgur ve Ürünlerinin Fiziksel, Kimyasal ve Duyusal Kalite Özellikleri. Atatürk Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü (Doktora Tezi) Erzurum, 131 sayfa.
- Certel, M., Ertugay, Z., 1991 a. Mikrokaloimetrimin Hububat Teknolojisinde Kullanım İmkani I. Differential Scanning Calorimetry (DSC) ve Yöntemin General Karakteristikleri. Gıda 16 (Baskıda).
- Certel, M., Ertugay, Z., 1991 b. Mikrokaloimetrimin Hububat Teknolojisinde Kullanım İmkani II. Differential Scanning Calorimetry (DSC)'nin Hububat Teknolojisinde Kullanımı. Gıda 16 (Baskıda).
- Dengate, H.N., 1984 Swelling, Pasting and Gelling of Wheat Starch. Advances in Cereal Science and Technology Y. Pomeranz, (ed.) Publ. by AACC. Inc, St. Paul Minnesota, p 49.
- Elberstein, K., Höpcke, R., Konieczny - Janda, G. and Stute R., 1980, DSC - Untersuchungen an Stärken, 1. Teil: Möglichkeiten thermoanalytischer Methoden zur Stärkecharakterisierung. Starch/Stärke, 32 (12), 397.
- Edwards, G.H., 1964, Bulgur, ala or American rice, Milling, 142 (3), 346.
- Elgün, A., Ertugay, Z., Certel, M., 1986. Mısır bulguru üzerinde bir araştırma. Gıda Sanayi araştırma geliştirme sempozyumu «86», 4 - 6 Kasım, 1986, İzmir, s 77.
- Elgün, A., Ertugay, Z., Certel, M. 1990. Corn bulgur: The effects of the maturation stage and cooking form of corn some physical and chemical properties of bulgur products. Cereal Chem., 67 (1) 1 - 7.
- Greenwood, C.T., H.E. Muirhead. 1966. The thermal degradation of starch. VII. Differential thermal analysis of Maltodextrins and of Starch and its components. Die Starke, 19 (9) 281 - 285.
- Gürtüz, K., 1986, Kimya Mühendisliği Termodinamiği. Ankara Üniv. Fen Fak. Yayınları No: 144, Ankara, s 80.
- Hoover, R., L. Cloutier, S. Dalton, F.W. Sosulski, 1988, Lipid composition of Field Pea Seed and Starch. Starch/Stärke 40 (9) 336 - 342.
- Leach, H.W., 1965, Geletinization of Starch. Starch Chemistry and Technology. R.L. Whistler, E.F. Paschall, J.N. Bemiller and H.J. Roberts (ed.), Academic Press Inc., New York, USA, p 289.
- Mahnke, S., D. Deyer, K. Münzing. 1989. Starkeveränderungen bei der verarbeitung von Hafer. Getreide Mehl und Brot, 43 (4) 121 - 126.
- Münzing, K., T. Gaida. 1986. Anwendung der Differenz - Thermo - Analyse (DTA) bei Lebensmitteln pflanzlicher Herkunft. ZFL, 37 (7) 482 - 483.
- Münzing, K., H. Bolling, 1989. Mikrokaloimetrische Darstellung von phasenumwandlungen and Strukturvereanderungen bei Getreides-tärken. 40. Tagung für Getreidechemie in Detmold, vom 8. - 9. Juni 1989. Graum Verlag, Detmold, 14 sayfa.

- Münzing, K., 1989 a. Nachweis von Strukturveränderungen bei Getreidestearken mittels Wärmeleitung - DSC. 8. Ulmer Kalorimetrietage. 13 - 14 März, 1989, Ulm, BRD.
- Münzing, K., 1989 b. Nachweis von Strukturveränderungen bei Getreidestearken mittels Wärmeleitung - DSC. 40. Tagung Für Getreidechemie in Detmold, vom 8 - 9. Juni, 1989 Granum Verlag, Metmold, 14 sayfa.
- Nestl, B., W. Seibel, E. Menden, 1989, Rezeptur- und Proze Boptimierung von extrudiertem «Zwieback» mittels Doppelschneckenextruder. 1. Mitt.: Rezepturanswahl und Proze β Parameter. Getreide Mehl und Brot 43 (5) 146 - 152.
- Pomeranz, Y., 1985, Functional properties of food components. Academic Press Inc. Orlando, p. 261.
- Saraçoğlu, S. and Ibiş, Ob., 1982, Niacin - und Eisengehalt von türkischem weizen und entsprechenden Bulguren Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg., 73 (4), 462.
- Sarıkaya, Y., 1986, Fizikokimya ve Uygulamaları. M.E.G. ve S. Bakanlığı Yayınları No: 569, Ankara, s 248.
- Schäfer, W., 1962, Bulgur. Die Mühle, 39, 498.
- Seçkin, R., 1968, Bulgurun Terkip ve Yapılışı Üzerinde Araştırma. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayınları No: 320, Ankara, s 9.
- Shetty, M.S. and Amla, B.L., 1972, Bulgur wheat. J. Food Sci Technol., 9, 163.
- Sievert, D. 1987. Einfluss der Verfahrenstechnik auf das Löslichkeitsverhalten und die chemische Zusammensetzung von Ballaststoffen in Lebensmitteln auf Getreide basis. Dissertationschrift, Rheinische Friedrich - Wilhelms - Uni. Bonn.
- Sievert, D., W. Siebel, E. Rabe, K. Pfeilsticker, 1987, Veränderung von Ballaststoffen durch die Verfahrenstechnik der Getreidetechnologie. 1. Mitt.: Identifizierung und Charakterisierung der resistenten Stärke als Ballaststoff bestandteil und Beeinflussung ihrer Bildung im Verlauf der Backwarenherstellung. Getreide Mehl und Brot 41 (6) 172 - 177.
- Zobel, H., 1984, Gelatinization of starch and mechanical properties of starch pastes. Starch Chemistry and Technology, R.L. Whistler, J.N. Bemiller, and E.F. Paschall (ed), Academic Press Inc., New York, p 285.