

FARKLI ÇEŞİT VE PIŞİRME YÖNTEMLERİNİN MISIR BULGURLARININ ÇİRİŞLENME ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

EFFECTS OF DIFFERENT VARIETY AND COOKING METHODS ON THE GELATINIZATION PROPERTIES OF CORN BULGURS

Muharrem CERTEL

Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Bilimi ve Teknolojisi Bölümü, ANTALYA

ÖZET: Bu çalışmada mısır bulguru üretiminde farklı ısı işlem uygulamaları sırasında tanede meydana gelen değişimlerin, özellikle de çirilenme olaylarının çeşit faktöründen ne ölçüde etkilendiğinin Differential Scanning Calorimetry (DSC) ile saptanması amaçlanmıştır.

Araştırma; yumuşak-yassı, yemeklik ve sert-yuvarlak, yemeklik iki mısır çeşitinden kontrolle karşı üç farklı pişirme yöntemiyle üretilen mısır bulgurları üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Çirilenme özellikleri mısır çeşidine bağlı olarak önemli farklılıklar göstermiş ($P<0.01$), yuvarlak-sert çeşit daha yüksek çirilenme enerjisine ihtiyaç gösterirken, her iki çeşitte de iki farklı çirilenme piki gözlenmiştir. Farklı çeşitlerin değişik pişirme yöntemlerindeki çirilenme oran ve özellikleri de farklı bulunmuştur. Yuvarlak sert çeşitten geleneksel yöntemle üretilen mısır bulgurunda nişastanın %61.3, otoklav işlemiyle üretilende %29.8, kızılötesi ışınlama ile üretilende %14.2 oranında çirilenebilir durumda olduğu belirlenmiştir. Aynı şekilde yumuşak-yassı çeşitten geleneksel yöntemle üretilen mısır bulgurunda nişastanın %72.2, otoklav işlemiyle üretilende %28.1, kızılötesi ışınlama ile üretilende %14.8 oranında çirilenebilir durumda olduğu saptanmıştır.

ABSTRACT: The aim of the study was to determinate the changes in the grains during the different heat treatment process in production of corn bulgur, and particularly to find the effects of variety factor on the gelatinization using Differential Scanning Calorimeter (DSC).

In the study, two different varieties of edible corn, soft-flat and hard-spherical, and three different cooking methods were used to produce corn bulgurs. The results showed that there were significant differences in gelatinization properties of varieties ($P<0.01$), and although hard-spherical variety needed a higher gelatinization energy, both varieties had two different gelatinization picks. The ratio and the properties of gelatinization of two varieties were different in different cooking methods. It was also found that 61.3% of the starch was produced from hard-spherical variety by traditional method, 29.8% by autoclave method, and 14.2% by infrared irradiation method were determined to be available for gelatinization process whereas, 72.2% of the starch was produced from soft-flat variety by traditional method, 28.1% by autoclave method, and 14.8% by infrared irradiation method were available for gelatinization process.

GİRİŞ

Bulgur, Türklere özgü geleneksel gıdalardan olup daha ziyade Orta Asya, Ortadoğu, Kuze Afrika, Doğu Avrupa ülkeleri ve Endonezya gibi uzak doğu ülkelerinde yaygın olarak tüketilmektedir. Bulgur genellikle buğdaydan yapılır. Ancak Orta Anadolu ve Karadeniz bölgesinde mısırdan bulgura benzer bir ürünün üretilip çeşitli çorbaların hazırlanmasında kullanılmaktadır. Bulgur veya benzeri ürünlerin özellikle buğday ve mısırdan süt olum devresinde kısa süreli alevden geçirmek (ütmek) suretiyle pişirildikten sonra olduğu gibi veya danele-nerek saklanıp daha sonra kırılarak pilav, çorba, bazı sulu yemek ve köftelerde kullanıldığı da bilinmektedir (ELGÜN ve ark., 1986; 1990; CERTEL ve ark., 1989; CERTEL, 1996).

Bulgur hangi tahıldan yapılırsa yapılsın, bulgur üretiminde esas olan; hidrotermik bir işlemle nişastanın çirilendirilmesi, proteinin denatüre edilmesi, daha basit bir ifade ile tahılın sulu şartlarda pişirilmesidir. Bu şekilde pişirilmiş tahıl teknik olarak bulgur değildir. Bunun bulgur kabul edilebilmesi için kurutulması, kısmen so-yulması ve kırılması gerekir (CERTEL ve ark., 1989; CERTEL, 1990). Bütün bu işlemler sırasında canlı olan tahıl tanesi bu özelliğini kaybetmekte, enzim sistemleri inaktive olmakta, tanenin mikroflorası önemli ölçüde tahrip edilmekte, nişasta su alarak şişmekte ve jelleşmekte, proteinler ise denatüre olmaktadır. Bunların sonucunda ise tahıl tanesinin iç yapısı oldukça sert, camsı bir durum kazanmakta, tahıldaki ham tad ve koku kaybolmakta, bulgura has yeni tad ve aroma gelişerek bulgur oluşmaktadır. Mısırdan bulgur üretmek ile buğdaydan bulgur üretmek arasında tamelde çok önemli bir fark yoktur. Üretim sürecinde sadece işlemlerin yoğunluk-

ları farklıdır. Bunun da temelinde tahılın kimyasal, fiziksel ve genetik farklılıkları yatmaktadır. Mısırdan bulgur yaparken ıslatma işlemi ile tane suyunun %40-45'lere çıkarılması nişastanın çirşlenmesi için ön şarttır (CERTTEL ve ERTUGAY, 1992 a,b). Buna ek olarak ortalama çirşlenme entalpisine bağlı olarak yeterince ısının tranfer edilmesi gerekir. Bu enerjinin tranfer şeklinin bilinmesi ise mısır bulgurunun çirşlenme özelliklerinin izlenmesi ile yakından ilgilidir. Çirşlenme özellikleri arasında çirşlenme başlangıç ve bitiş sıcaklıkları, pik sıcaklıkları, retrogradasyon (yeniden organizasyon) derecesi önemlidir. Bu özelliklerin belirlenmesinde, nişastada meydana gelen değişimlerin tespit ve izlenmesinde DSC oldukça etkin ve hassas bir yöntem olarak kabul edilmekte ve yaygın olarak kullanılmaktadır (GREENWOOD ve MUIRHEAD, 1966; MUNZING ve GAIDA, 1986; SIEVERT ve ark., 1987; HOOVER ve ark., 1988; MAHNKE ve ark., 1989; MUNZING, 1989; MUNZING ve BOLLING, 1989; CERTEL ve ERTUGAY, 1991; 1992 a,b; CERTEL, 1996).

Bulgur üretiminde olduğu gibi mısır bulguru üretiminde de pişirme işlemi ve buna uygun sistemlerin seçimi özel bir öneme sahiptir. Mısırın bulgur olabilmesi için %40 civarında su içermesi gerekir ki, tranfer edilen ısı enerjisi ile mevcut nişasta çirşlenip, arzu edilen camsı, sert, parlak tane içi yapısı oluşturulabilsin. Bu nedenle, bulgur üretiminde bütün prosesin mühendislik yönü kütle ve ısı tranferi üzerine kurulabilir. Ancak bulgur üretim sürecindeki mekanik işlemleri de yok saymamak gerekir. Üretim maliyetine katkı payları gözönüne alındığında ısı ve kütle tranferi içeren ıslatma, pişirme ve kurutma işlemlerinin kırma, kısmi soyma ve sınıflama işlemlerine göre toplam üretim maliyeti içinde daha fazla paya sahip olduğu görülür. Mısır bulguru üretimi açısından da ıslatılmış mısıra ne kadar ısı tranfer edileceğinin bilinmesi önemlidir. Bu miktarı en etkin tayin etme şekli ise kalorimetrik yöntemleri kullanmaktır. Bu yöntemle ikiz kalorimetrelerle mısır çeşiti ve uygulanan ısıl işlemin özelliğine göre bulgur üretimi için verilmesi gereken ısı enerjisinin miktarı bilinirse, endüstriyel uygulamalarda daha verimli ve ekonomik çalışabilen p işiriciler seçilerek, kaliteden fedakarlıkta bulunmadan üretim giderlerinden tasarruf yoluna gidilebilir.

Bu araştırmada; sert-yuvarlak ve yumuşak-yassı, yemeklik iki mısır çeşitine kontrole karşı üç farklı ısı işlem uygulanarak üretilen mısır bulgurlarının çirşlenme özelliklerinin termoanalitik olarak saptanması, bu özellikler üzerine çeşit ve pişirme yöntemlerinin etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL YÖNTEM

Materyal

Bu çalışmada; yumuşak-yassı ve sert-yuvarlak, yemeklik iki mısır çeşiti ile bunlardan üç farklı ısıl işlem uygulamasıyla üretilen kısmen soyulmuş, kırılmamış iri mısır bulgurları mekanik olarak nişastayı en az zedeleyen (MAHNKE ve ark., 1989) Bizerba diskli öğütücüde 850µ elek altına tüm materyal geçecek şekilde kırılarak kullanılmıştır.

Yöntem

Kuru ve yaş temizleme işlemlerinden geçirilen mısır örnekleri CERTEL ve ERTUGAY (1992 b) tarafından belirtilen şekilde geleneksel kaynatma, otoklavda pişirme ve kızıl ötesi ışınlama yöntemleriyle pişirilmiş, kızılötesi ışınlama yönteminde 33+33+33=99 saniye normu uygulanmıştır (CERTTEL, 1996). Pişirme derecesinin kontrolü ve pişirme normunun belirlenmesinde SEÇKİN (1968) ve CERTEL ve ERTUGAY (1992 b) tarafından kullanılan fiziksel ve duyuşal yöntemler kullanılmıştır. Pişirme işleminden sonra tüm mısır bulgurları ve kontrol örnekleri %12 su içeriğine kadar kurutulmuş, %3.5 su ilave edilip 10 dakika karıştırılarak tavllanmış, 1.5 dakika süreyle kabuk soyma ve embriyo ayırma işlemine tabi tutulmuş, kabuk ve embriyo kısımları aspirasyonla uzaklaştırılmıştır (SHETTY ve AMLA, 1972; CERTEL, 1996). Mısır bulgurlarının çirşlenme özellikleri, termoanalitik olarak Netsch-DSC 444 ikiz kalorimetrede elde edilen termogramların CERTEL ve ERTUGAY (1992 b) tarafından kullanılan yöntemle göre değerlendirilmesiyle saptanmıştır.

Araştırmada kullanılan mısırlarda; su (ICC-No.110/1), kül (ICC-No.104), nişasta (ICC-No.123), protein (AACC-46/11) yöntemleriyle (ANONYMOUS 1972; 1980), ham lif (ANONYMOUS 1978)'a göre belirlenmiştir. Hektolitreye ağırlığı ULLUÖZ (1965)'e göre ölçülmüş ve uluslararası komisyon cetvelerine göre düzeltilerek, sonuçlar kg/Hektolitreye olarak verilmiştir.

Denemenin kuruluşunda, tam şansa bağlı deneme planı esas alınmış, bulgurluk mısır materyalinde çeşit özelliği; yuvarlak-sert ve yumuşak-yassı yemeklik olarak iki seviyeli, bulgur üretim denemelerinde ısıtma işlemi; kontrol, geleneksel pişirme, otoklavda pişirme ve Mikronizerde kızılötesi ısıtma ile pişirme olarak dört düzeyde ele alınmış ve bu faktörlerin etkileri iki tekerrürlü faktöriyel deneme düzeninde araştırılmıştır. Araştırma sonuçları bu deneme desenine uygun olarak varyans analizine tabi tutulmuş, önemli bulunan varyasyon kaynakları ortalamaları sabit modele göre Duncan çoklu karşılaştırma testleriyle karşılaştırılmış, önemli bulunan etkileşimler şekiller üzerinde tartışılmıştır (O'MAHONY, 1985).

ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Analitik Sonuçlar

Deneme materyali üzerinde yapılan analitik analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre, bulgur yapımında sert, camsı tane içi yapısının oluşmasında önemli bir bileşen olan protein ve nişastanın her iki çeşitte de yaklaşık aynı oranlarda bulunduğu, çeşitlerin sadece fiziksel yapı ve özellik yönünden farklılık gösterdiği söylenebilir.

Çizelge 1. Denemede kullanılan örneklerde yapılan bazı analizlerin sonuçları.

Mısır Çeşidi	Pişirme Yöntemi	Hektolitreye Ağırlığı (kg)	Nişas. (%)	Ham lif (%)	Protein ¹ (%)	Kül (%)	Ham yağ (%)
Yumuşak-Yassı Yemeklik	Kontrol	74.2	73.5	2.37*	9.8	1.22	4.23
	Geleneksel	-	-	1.53	9.6	1.21	4.10
	Otoklav	-	-	1.52	9.5	1.18	3.86
	Kızılötesi	-	-	1.40	9.3	1.08	3.90
	Isınlama	-	-	-	-	-	-
Sert-Yuvarlak Yemeklik	Kontrol	75.2	72.7	2.17*	10.1	1.46	4.50
	Geleneksel	-	-	1.00	9.6	1.37	4.26
	Otoklav	-	-	1.17	9.6	1.38	3.80
	Kızılötesi	-	-	1.48	9.6	1.41	4.10
	Isınlama	-	-	-	-	-	-

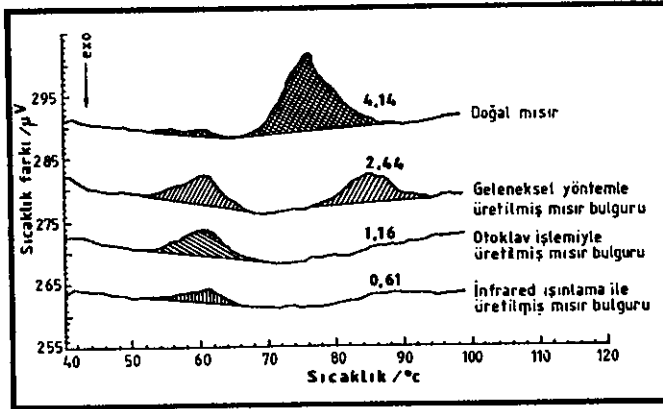
*: Kısmi soyma işleminden önceki ham lif değeri, 1: Protein=%Nx6.25

Çizelge 1'deki ham lif değerlerine bakılarak sert-yuvarlak çeşitte geleneksel pişirme ve otoklav işleminin soyma işlemini kolaylaştırdığı, kızılötesi ısıtma işleminin kontrolle hemen hemen aynı düzeyde soyulma özelliği gösterdiği söylenebilir. Yumuşak-yassı çeşitte ise kontrole göre ısıtma işlem uygulamalarının soyma işleminin etkinliğini pek değiştirmemekle birlikte embriyo ayrılma işlemini kolaylaştırdığı, bu olayın sert-yuvarlak çeşit için de geçerliliği kontrol ve bulgur örneklerinin yağ içeriklerindeki değişime dayanılarak ifade edilebilir. Bu savları kontrole göre mısır bulgurlarının kül ve protein içeriklerindeki düşüşler de desteklemektedir. Kontrole göre bulgurlardaki protein değerlerinin çok az da olsa düşmüş olması, bulgurların ısıtma ve pişirme periyodunda suda çözünür proteinlerin bir kısmının ısıtma ve pişirme suyuna geçmiş olması ve soyma işleminin bulgurlarda daha etkin gerçekleşmesinin bir sonucu olarak yorumlanabilir.

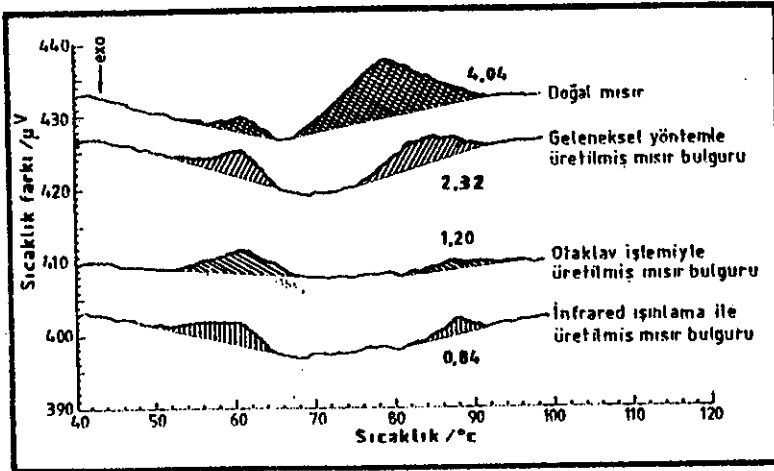
Farklı yöntemlerle pişirilerek üretilen mısır bulgurları ve bunların üretildiği mısırlar üzerinde yapılan DSC ölçümlerinden elde edilen termogramların analiz edilmesiyle bulunan çirşlenme özelliklerine ait araştırma sonuçları Çizelge 2'de, bu sonuçların sağlandığı termogramlar birleştirilmiş olarak Şekil 1a ve 1b'de, varyans analizii sonuçları Çizelge 3'te, önemli bulunan varyasyon kaynaklarına ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise Çizelge 4 ve 5'te verilmiştir.

Şekil 1a ve 1b incelendiğinde hiç bir ısı işlem görmemiş sert-yuvarlak ve yumuşak-yassı mısır (kontrol) örneklerinin iki ayrı çirşlenme piki verdiği görülmektedir. Bu durum her iki çeşitin de iki farklı nişasta fraksiyonuna sahip olduğuna işaret etmektedir. Bu fraksiyonlardan termostabilitesi düşük olanın oransal olarak daha az, termostabilitesi daha yüksek olanın daha fazla olduğu, uygulanan ısı işlem yoğunluğu ve ısı işlemden sonra ortamdaki serbest suyun miktarına bağlı olarak daha termostabil olan fraksiyonun çirşlenmeden sonra yeniden organize olarak düşük termostabiliteli fraksiyona dönüştüğü görülmektedir (Şekil 1a,b). Benzer sonuçlar farklı olum devreleri ve pişirme yöntemlerinin mısır bulgularının çirşlenme özellikleri üzerindeki etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada da bulunmuştur (CERTEL, 1996).

Çizelge 3 incelendiğinde çeşit faktörünün çirşlenme başlangıç sıcaklığı, çirşlenme I. pik sıcaklığı; II. pik geçiş sıcaklığı, II. pik sıcaklığı ve toplam çirşlenme entalpisi üzerinde istatistiksel olarak önemli ($P<0,05$) bir etkisinin olmadığı çirşlenme I. pik entalpisi ($P<0,01$), çirşlenme II. pik entalpisi ($P<0,001$), çirşlenebilir nişasta miktarı ve çirşlenmiş nişasta miktarı üzerinde etkisinin önemli ($P<0,01$) olduğu görülmektedir.



Şekil 1a. Yumuşak-yassı, yemeklik mısır çeşiti ve bulgurlarından elde edilen birleştirilmiş DSC termogramları



Şekil 1b. Sert-yuvarlak mısır çeşiti ve bulgurlarından elde edilen birleştirilmiş DSC termogramları

Çizelge 2. Farklı mısır çeşitlerinden değişik pişirme yöntemleri uygulanarak üretilen mısır bulgurları üzerinde yapılan DSC ölçümleri sonucu elde edilen termogram değerleri

Çeşiti	Pişirme Yöntemi	I. Pik Değerleri			II. Pik Değerleri				TÇE J/g	ÇİNO %	ÇNO %
		ÇBS °C	ÇPS °C	ÇE J/g	ÇPGS °C	ÇPS °C	ÇBtS °C	ÇE J/g			
	Kontrol	52.7	60.6	0.318	65.0	76.1	88.6	3.817	4.135	100.0	00.0
		52.7	60.0	0.300	66.0	76.0	88.8	3.825	4.125	100.0	00.0
Yumuşak Yassı	Geleneksel	49.2	60.9	1.218	74.9	86.3	97.0	1.220	2.438	58.9	41.1
		52.1	60.9	1.186	76.5	84.9	94.6	1.200	2.386	57.7	42.3
Yemeklik	Otoklav	51.1	60.3	1.069	-	-	68.1	0.00	1.069	25.8	74.2
		52.0	61.0	1.161	-	-	69.1	0.00	1.161	28.1	71.9
	Kızılötesi İş.	49.9	60.8	0.653	-	-	65.8	0.00	0.653	15.8	84.2
		52.0	60.9	0.613	-	-	68.0	0.00	0.613	14.8	85.2
Sert Yuvarlak Yemeklik	Kontrol	52.0	60.9	0.472	65.8	79.0	92.0	3.569	4.041	100.0	00.0
		52.0	60.6	0.408	65.6	78.8	92.0	3.633	4.041	100.0	00.0
	Geleneksel	52.0	60.9	0.937	74.8	84.7	94.5	1.387	2.324	57.5	42.5
		52.0	60.6	0.980	74.8	86.4	92.5	1.497	2.477	61.3	38.7
	Otoklav	49.8	60.3	0.950	83.1	89.6	94.0	0.319	1.269	31.4	68.6
		52.0	60.9	0.885	81.1	87.8	95.0	0.318	1.203	29.8	70.2
	Kızılötesi İş.	49.8	60.9	0.650	81.1	90.6	97.0	0.190	0.840	20.8	79.2
		49.8	60.8	0.650	81.1	90.2	97.0	0.190	0.840	20.8	79.2

ÇBS: Çirilenme Başlangıç Sıcaklığı, ÇPS: Çirilenme Pik Sıcaklığı, ÇE: Çirilenme Entalpisi

ÇPGS: II. Pike Geçiş Sıcaklığı, ÇBtS: Çirilenme Bitiş Sıcaklığı, TÇE: Toplam Çirilenme Entalpisi

ÇİNO: Çirilenbilir Nişasta Oranı, ÇNO: Çirilenmiş Nişasta Oranı

Çizelge 3. Mısır çeşiti ve pişirme yöntemlerinin mısır bulgurlarının çirilenme özellikleri üzerindeki etkilerine ait varyans analizi sonuçları

VK	SD	ÇBS		I.ÇPS		I.ÇE		SD	II.ÇPGS		II. ÇPS	
		KO	F	KO	F	KO	F		KO	F	KO	F
MÇ	1	0.331	0.29	0.0156	0.18	0.0215	15.91**	1	0.245	0.54	3.92	6.4
PY	3	2.617	2.27	0.099	1.12	0.4394	325.7***	1	186.25	413.88***	131.2	214.3***
MÇxPY	3	1.242	1.08	0.0706	0.8	0.0314	23.3***	1	0.605	1.34	4.205	6.87
Hata	8	1.154		0.0882		0.0014		4	0.45		0.613	
VK	SD	ÇBtS		II.ÇE		TÇE		SD	ÇİNO		ÇNO	
		KO	F	KO	F	KO	F		KO	F	KO	F
MÇ	1	812.25	781***	0.0677	65***	0.0129	5	1	26.3	16.99**	26.3	16.99**
PY	3	166.52	160***	11.42	11000***	8.9998	3543***	3	5388	3486***	5389	3486***
MÇxPY	3	260.25	250***	0.0573	55***	0.0175	7*	3	6.2	3.99	6.2	3.99
Hata	8	1.04		1.001		0.0025		8	1.5		1.5	

*P<0.05, **P<0.01, ***P<0.001

Çizelge 4. Mısır çeşiti (MÇ) değişkenine ait çirşlenme özellikleri ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları (P<0.05)*

Mısır Çeşiti	n	I. Pik Değerleri			n	II. Pik Değerleri				TÇE J/g	ÇİNO %	ÇNO %	
		ÇBS °C	ÇPS °C	ÇE J/g		ÇPGS °C	ÇPS °C	n	ÇBtS °C				ÇE J/g
Yumuşak	8	51.46a	60.68a	0.815a	4	70.60a	80.83a	8	80.00a	1.258a	2.073a	50.14a	49.86a
Sert	8	51.18a	60.74a	0.742b	4	70.25a	82.23a	8	94.25b	1.358b	2.129a	52.70a	47.30b

* Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir.

Çizelge 5. Pişirme yöntemi (PY) değişkenine ait çirşlenme özellikleri ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları (P<0.05)*

Pişirme Yöntemi	n	I. Pik Değerleri			n	II. Pik Değerleri				TÇE J/g	ÇİNO %	ÇNO %	
		ÇBS °C	ÇPS °C	ÇE J/g		ÇPGS °C	ÇPS °C	n	ÇBtS °C				ÇE J/g
Kontrol	4	52.35a	60.53a	0.375a	4	65.6a	77.5a	4	90.35a	3.711a	4.086a	100a	0.00a
Gelen.	4	51.33a	60.83a	1.080b	4	75.3b	85.6b	4	94.65b	1.326b	2.406b	58.85b	41.15b
Otoklav	4	51.23a	60.63a	1.016b	--	--	--	4	81.55c	0.159c	0.176c	28.77c	71.23c
Kızılötesi	4	50.38a	60.85a	0.642c	--	--	--	4	81.95c	0.095c	0.737d	18.05d	81.95d
Işınlama													

* Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir.

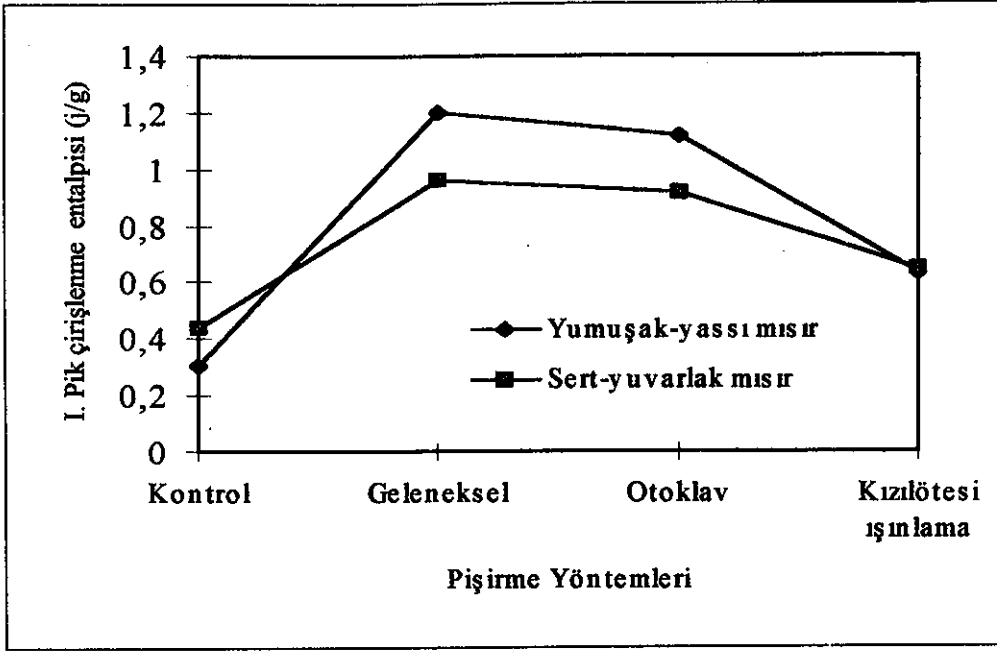
Çizelge 4'ten yumuşak-yassı çeşitin ortalama 0.815 j/g, sert-yuvarlak çeşitin ise ortalama 0,742 j/g çirşlenme I. pik entalpisine sahip olduğu görülmektedir. Bu durum yumuşak-yassı mısırın kısmen yüksek nişasta içeriği ile özellikle de bulgura pişirme sırasında yumuşak-yassı çeşitte termostabilitesi yüksek nişasta fraksiyonunun, daha düşük termostabiliteli fraksiyona dönüşme oranının sert yuvarlak çeşite göre daha fazla olduğuna işaret etmektedir. Çirşlenme II. pik entalpi değeri yumuşak-yassı mısır çeşitinde ortalama 1.258 j/g, sert-yuvarlak çeşitte ise 1.358 j/g olarak bulunmuştur. Bu durum yumuşak-yassı mısırdan bulgur yaparken nişastanın daha düşük termostabiliteli fraksiyona daha fazla dönüşmesi, özellikle de yumuşak çeşitten otoklav ve kızılötesi ışınlama ile üretilen bulgurlarda II. bir çirşlenme pikinin meydana gelmemiş olmasıyla (Şekil 1a,b) açıklanabilir. Çirşlenme bitiş sıcaklıkları yumuşak-yassı çeşitte ortalama 80°C, sert yuvarlak çeşitte ise 94,25°C olarak bulunmuştur. Bu durum da II. pik entalpi değerindeki gibi açıklanabilir. Çünkü burada da yumuşak çeşitte otoklav ve kızılötesi ışınlama işlemleriyle üretilen bulgurlarda II. bir pik oluşmamıştır. Çirşlenebilir nişasta miktarı sırasıyla yumuşak çeşitte ortalama %50.14, %49.86 sert çeşitte ise %52.7 ve %43.3 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar yumuşak-yassı çeşitte nişastanın daha yüksek oranda çirşlendiğini, bulgurlarda da geleneksel yöntemle üretilen hariç daha az oranda retrograde olduğunu göstermektedir. Bu sonuç çeşitlerin genetik farklılığına bağlanabilir (CERTTEL ve ERTUGAY, 1992 b).

Farklı pişirme yöntemleri, sert ve yumuşak mısır çeşitlerinden üretilen mısır bulgurlarının çirşlenme özelliklerinden; çirşlenme başlangıç sıcaklığı, ve I. pik sıcaklığı üzerinde etkili olmazken (P<0.05), I. pik çirşlenme entalpisi, II. pike geçiş sıcaklığı, II. pik çirşlenme entalpisi, toplam çirşlenme entalpisi, çirşlenebilir ve çirşlenmiş nişasta oranları üzerinde oldukça etkili (P<0.001) olduğu saptanmıştır (Çizelge 3). I. çirşlenme piki entalpi değerlerine bakıldığında en düşük kontrol örneklerinde 0.375 j/g, en yüksek geleneksel yöntemle pişirilmiş bulgurlarda 1.08 j/g, otoklavda pişirilerek üretilmiş bulgurda 1.016 j/g, kızıl ötesi ışınlama ile pişirilmiş bulgurlarda ise 0,642 j/g bulunmuştur. I. çirşlenme piki entalpi değerlerinin kontrol örneklerinde düşük, bulgur-

larda yüksek bulunması, termostabilitesi yüksek nişastanın yeniden organize olarak daha düşük termostabilite gösteren nişasta fraksiyonuna dönüştüğünün en önemli göstergesidir. Çünkü I. pik daha düşük termostabiliteli fraksiyona aittir. Ayrıca geleneksel yöntemle ve otoklavda pişirilen örneklerde I. pik entalpisinin çok yüksek, kızıl ötesi ışınlanarak pişirilmiş bulgurlarda bu değer kontrolde yüksek, fakat diğer iki bulgurdan düşük olması, bulgurların pişirme sonrası soğutma ve kurutma işlemleri sırasında ortamdaki fazla serbest su nedeniyle daha fazla retrogradasyona uğradıkları düşüncesini kuvvetlendirmektedir. Bu sonuçlar Certel (1996) tarafından elde edilen bulguları da destekler niteliktedir. II. pik entalpi değerlerine bakıldığında (Çizelge 5) kontrol örneklerinin 3,711 j/g ile en yüksek, kızıl ötesi ışınlama ile üretilen bulgurlarda 0,095 j/g ile en düşük, geleneksel pişirme yöntemiyle üretilen bulgurda 1,326 j/g, otoklavda pişirilende ise 0,159 j/g olduğu görülmektedir. Kontrol örneklerinde termostabilitesi yüksek nişasta toplam nişastanın hemen hemen tamamına yakınına oluştururken, bulgurlarda bu fraksiyon pişirme sırasında çirışlendiği için DSC'de ikinci bir termal işlem sırasında ancak fiziksel muayene sonucu tamamınının çirışlendiğine hükmedilen nişastanın kimyasal olarak çirışlenmemiş veya bulgurun soğutulup, kurutulması sırasında yeniden organize olan kısmınının çirışlenme enerjisi okunduğundan bu fraksiyon doğal olarak daha az miktarlarda bulunmaktadır. Bu sonuçlara bakıldığında da nişastanın yeniden organizasyonu için ortamdaki fazla suyun (geleneksel ve otoklavda pişirme yöntemlerinde olduğu gibi) oldukça önemli bir faktör olduğu görülmektedir. I. ve II. pik entalpi değerlerinin toplamı olan toplam çirışlenme entalpisinin pişirme yöntemleri arasında önemli farklılıklar göstermesi de I. ve II. pik entalpileri için söylenenlere benzer şekilde açıklanabilir.

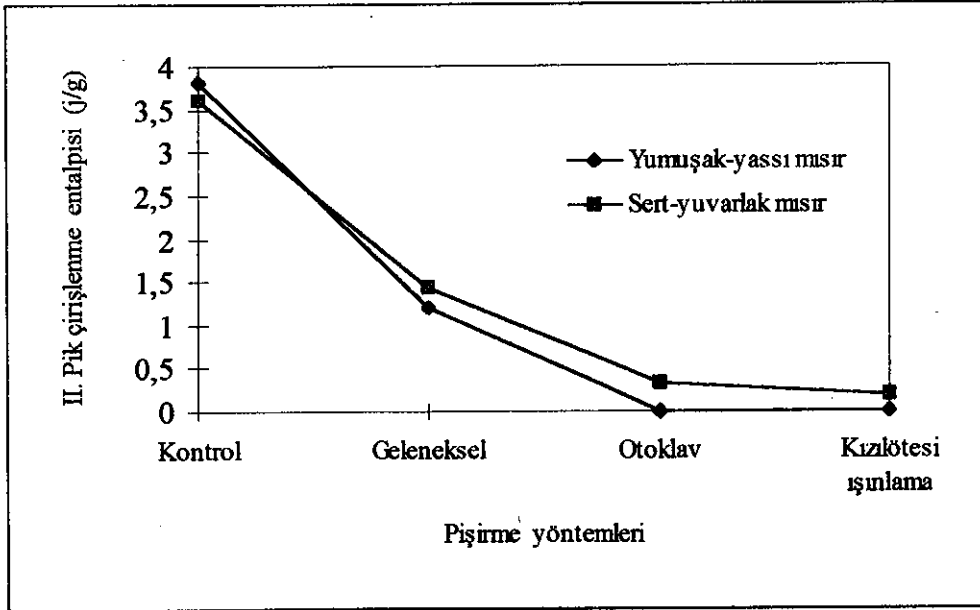
II. Pik'e geçiş ve II. pik sıcaklıklarının farklı bulunmasının nedeni yumuşak mısır çeşitinden otoklav ve kızılötesi ışınlama ile üretilen bulgurlarda II. pikin meydana gelmemiş olmasıyla açıklanabilir. Bu çeşitte bu iki ısıl işlem sonucu sadece bir pik oluşması ile yumuşak mısırdaki daha termostabil nişasta fraksiyonunun pişirmeden sonra ancak düşük termostabiliteli fraksiyona dönüşebildiğine, aynı zamanda da fiziksel ve duyuşal yöntemlerle yapılan pişirme derecesi kontrollerindeki nişastanın tamamen çirışlendiği varsayımının doğruluğuna işaret etmektedir. II. Pike geçiş ve II. pik sıcaklıklarının farklı bulunması yumuşak çeşitten otoklav ve kızılötesi ışınlama ile üretilen mısır bulgurlarının sadece bir çirışlenme piki vermiş olmalarına bağlanabilir. Toplam entalpi değişimleri üzerinden hesaplanan çirışlenmiş ve çirışlenebilir nişasta oranlarınının pişirme yöntemlerine göre farklı bulunmuş olması, mısırın bulgura pişirildikten sonra nişastanın farklı oranlarda yeniden organize olmasıyla açıklanabilir. Bir başka deyişle daha önce hiç ısıl işlem görmemiş kontrol örneklerine göre pişirilmiş mısırlardan olan bulgur örneklerinin DSC'de pişirme sırasında çirışlenmeyen veya kurutma sırasında retrograde olan nişastanın tekrar çirışlenmiş olması sonucu daha düşük çirışlenme entalpi değişimi göstermesi böyle bir sonucun çıkmasına neden olmaktadır. Burada şunu da belirtmek gerekir; eğer sert mısır çeşitinden bulgur yapmak gerekirse 4.04 j/g enerjiyi, yumuşak çeşitten bulgur yapmak gerekirse 4.13 j/g enerjiyi en az %40 su içeren mısıra transfer etmek gerekir. Isının transfer şekli ne olursa olsun bu işlemde sonra mısırlar bulgur özelliği kazanır. Ancak ısı transfer hızınının yüksekliği ve ortamdaki serbest suyun azlığı, bulgurlardaki nişastanın yeniden organizasyonunu yavaşlatacağından bu tip bulgur örneklerinde DSC ile tekrar çirışlenme entalpisi ölçülürse bu değerler oldukça düşük kalacaktır. Özet olarak bulgurlardaki çirışlenebilir nişasta oranları pişirme sırasında çirışlenmeden kalan nişasta değil daha sonraki işlem basamakları sırasında yeniden organize olan nişastadır. Bu görüş, bu araştırmada ve aynı konuda önceden yapılan araştırmalarda ortaya çıkan bulgulardaki nişastanın çirışlenme özelliklerindeki değişimler ve özellikle de termostabilitedeki düşüşler tarafından desteklenmektedir (CERTEL, 1990; CERTEL ve ERTUGAY, 1992 b; CERTEL 1996).

Mısır çeşiti x pişirme yöntemi interaksyonu çirışlenme entalpileri ve çirışlenme bitiş sıcaklığı üzerinde etkili olurken ($P<0.05$), diğer çirışlenme özellikleri üzerinde etkili ($P<0.05$) olmamıştır. bu interaksyonların seyri Şekil 2, 3, 4 ve 5'te gösterilmiştir.



Şekil 2. I. pik çirşlenme entalpisi üzerinde etkili olan MÇxPY interaksyonu

Şekil 2'den de görüleceği üzere hiç ısı işlem görmemiş yumuşak-yassı mısır ve bundan kızılötesi ışınlama ile üretilen bulgurun I. pik entalpisi sert-yuvarlak çeşitten daha düşük iken, yumuşak çeşitten otoklav ve geleneksel pişirme yöntemiyle üretilen bulgurların düşük termostabiliteli nişasta fraksiyonlarına ait çirşlenme entalpileri sert çeşitten aynı yöntemle üretilenlere göre yüksektir.

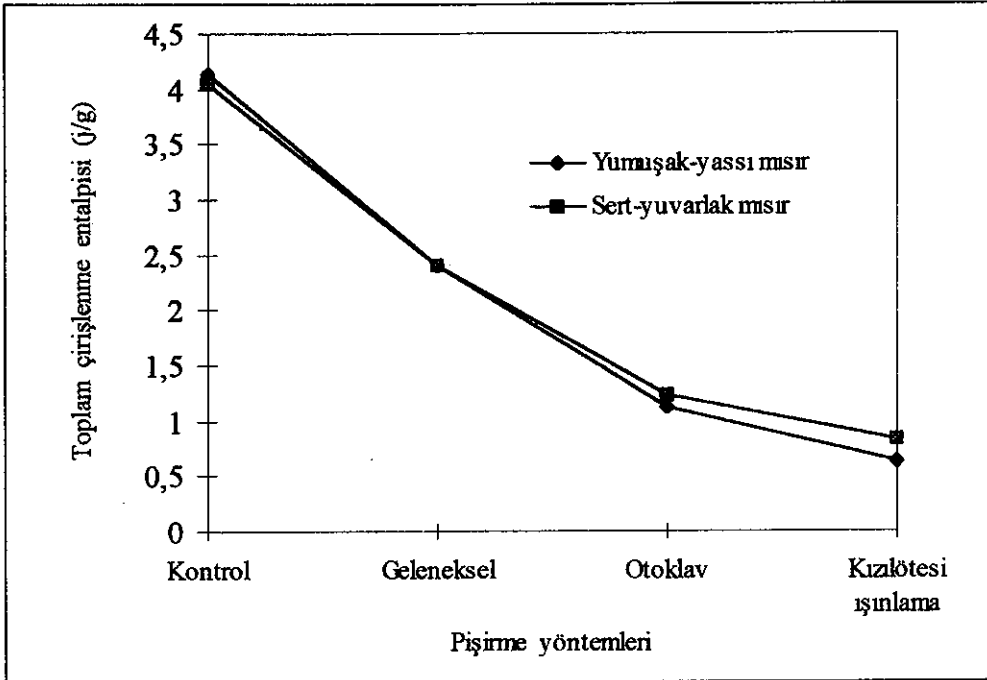


Şekil 3. II. pik çirşlenme entalpisi üzerinde etkili olan MÇxPY interaksyonu

Suda kaynatmadan ibaret geleneksel yöntem ve buhar ortamında pişirmeden ibaret otoklav yöntemlerine göre sadece %40-45 su içeriğinde kuru ortamda pişirme olan kızılötesi ışınlama yöntemlerinde ısı transfer hızı ve yoğunluğu 1. yöntemden sonuncuya doğru artarken, pişirme ortamındaki serbest su 1. yöntemden sonuncuya doğru azalmaktadır. Ayrıca kurutma zamanı da geleneksel yöntemde en yüksek, kızılötesi ışınlama-

da en düşüktür. Bu açıklamaların ışığında I. pik entalpisinin yumuşak mısırdan en düşük iken bundan geleneksel yöntemle üretilen bulgurda en yüksek oluşu, kızılötesi ısıtılma ile üretilen sert ve yumuşak mısır çeşitleri bulgurlarında hemen hemen aynı düzeyde oluşu, yumuşak çeşitin azalan pişirme ortamı ısı transfer debisi, artan serbest su miktarı ve kurutma zamanına paralel olarak nişastanın daha çok retrograde olduğunun göstergesidir.

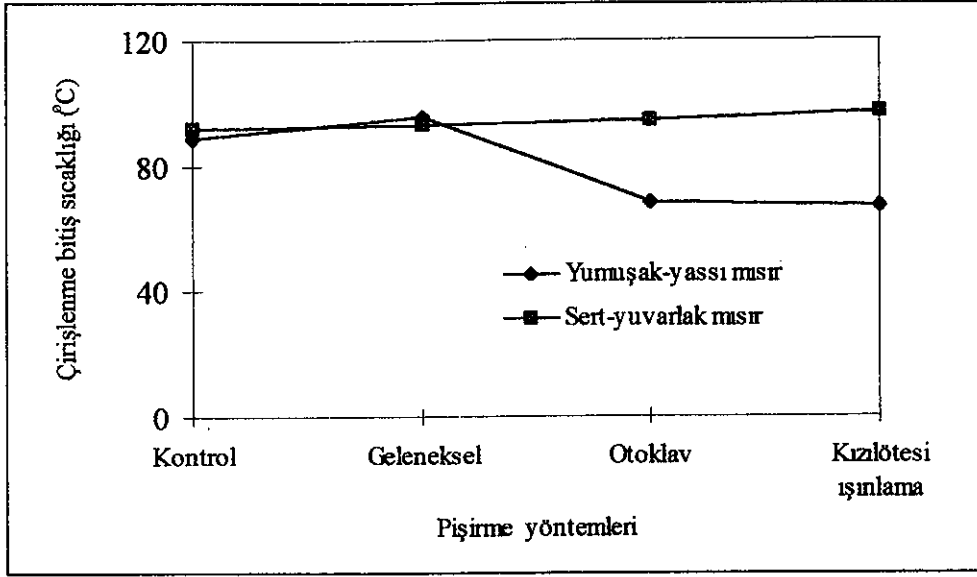
Şekil 3'te mısırların nişastasının oldukça büyük bir nispetini oluşturan termostabilitesi yüksek fraksiyonuna ait çirilenme entalpi değerleri üzerinde etkili olan mısır çeşiti x pişirme yöntemi interaksyonunun seyri görülmektedir. Burada da yukarıdaki açıklamaların ışığında sert çeşitin bulgurlarında retrogradasyon sonucu daha yüksek II. pik entalpi değerleri okunurken yumuşak çeşitten üretilenlerde bu değer düşüktür. Ayrıca yumuşak mısırdan otoklav ve kızılötesi ısıtılma ile üretilen bulgurlarda II. pik hiç meydana gelmemiştir. Bu sonuçlar da bir önceki interaksiyonla ilgili görüş ve açıklamaları desteklemektedir.



Şekil 4. Toplam çirilenme entalpisi üzerinde etkili olan MÇxPY interaksyonu

Şekil 4'te I. ve II. pik entalpi değerleri toplamından elde edilen toplam çirilenme entalpisi üzerinde etkili olan mısır çeşiti x pişirme yöntemi interaksyonunun seyri görülmektedir. Yukarıda ayrı ayrı bileşenleri tartışılan bu interaksiyon ayrıca tartışılmamıştır.

Şekil 5'ten de anlaşılacağı üzere kontrol örneği mısırlarda ve retrogradasyonun en yüksek olduğu varsayılan geleneksel pişirme yönteminde çirilenme her iki çeşitte de hemen hemen aynı sıcaklıklarda sona ererken retrogradasyonun daha düşük olduğu varsayılan otoklav ve kızılötesi ısıtılma işlemlerinde yumuşak çeşitte önemli ölçüde düşük derecelerde sona ermektedir. Bu duruma yumuşak çeşitte otoklav ve kızılötesi ısıtılma işlemlerinde ikinci bir pikin oluşmaması neden olmaktadır.



Şekil 5. Çirişlenme bitiş sıcaklığı üzerinde etkili olan MÇxPY interaksyonu

Sonuç olarak; mısır bulguru üretiminde pişirme yöntemi ve çeşit faktörünün önemli olduğu, çeşite bağlı olarak çirişlenme özelliklerinin farklılık gösterebildiği, bulgur üretiminde pişirme ısısının yavaş transfer edilmesinin ve çirişlenme için gerekli olandan fazla suyun retrogradasyonu teşvik ettiği, kurutma süresinin kısaltılmasının retrogradasyonu frenlediği, pişirmede en etkin yöntemin kızılötesi ışınlama yöntemi olduğu, DSC'nin bu tip çalışmalarda oldukça etkin olduğu, bu bulguları ve savları destekleyici daha ileri termoanalitik çalışmaların yapılmasının yararlı olacağı söylenebilir.

KAYNAKLAR

- ANONYMOUS, 1972. American Association of Cereal Chemist's Approved Methods. AACC, Inc., St. Paul Minnesota 55/04, USA.
- ANONYMOUS, 1978. Standart-Methoden für Getreide, Mehl und Brot. Arbeitsgemeinschaft Getreideforschung e. V., Moritz Schäfer, Verlag, Detmold, BRD.
- ANONYMOUS, 1980. Standart-Methoden der Internationalen Gesellschaft für Getreidechemie. Moritz Schäfer, Verlag, Detmold, BRD.
- CERTEL, M., S. MAHNKE, P. GERSTENKORN, 1989. Bulgur-Nicht nur eine Türkische Getreidespezialität. Die mühle und Mischfuttertechnik, 126(27/28), 414.
- CERTEL, M., 1990. Makarnalık ve ekmeçlik buğdaylardan farklı ısı işlem uygulamalarıyla üretilen bulgur ve ürünlerinin fiziksel, kimyasal ve duysal kalite özellikleri. Atatürk Üni. Fen Bil. Enst., (Doktora Tezi), Erzurum, 131S.
- CERTEL, M., Z. ERTUGAY, 1991. Mikrokolorimetrisinin hububat teknolojisinde kullanım imkanları. I. Differential Scanning Calorimetry (DSC) ve yöntemin genel karakteristikleri. Gıda 16(6): 373.
- CERTEL, M., Z. ERTUGAY, 1992 a. Mikrokolorimetrenin hububat teknolojisinde kullanım imkanları. II. Differential Scanning Calorimetry (DSC)'nin hububat teknolojisinde kullanımı. Gıda 17(2):93.
- CERTEL, M., Z. ERTUGAY, 1992 b. Buğdayın bulgura işlenmesi sırasında nişastada meydana gelen fizikokimyasal değişimler. Gıda, 17(4):227.
- CERTEL, M., 1996. Farklı olum devresi ve pişirme yöntemlerinin mısır bulgurlarının çirişlenme özelliklerine etkilerinin termoanalitik olarak belirlenmesi. Standart, 35(416)67.
- EBERSTEIN, K., R. HÖPCKE, G. KONIECZNY-JANDA, R. STUTE, 1980. DSC-Untersuchungen an Stärkecharacterisierung. Starch/ Stärke, 32(12):397.
- ELGÜN, A., Z. ERTUGAY, M. CERTEL, 1986. Mısır buluru üzerine bir araştırma. Gıda Sanayii Araştırma Geliştirme Sempozyumu "86" 4-6 Kasım, 1986, İzmir. s.77.
- ELGÜN, A., Z. ERTUGAY, M. CERTEL, 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.
- GREENWOOD, C.T., H.E. MUIRHEAD, 1966. The thermal degradation of starch. III. Differential thermal analysis of Maltodextrins and of starch and its components. Die Stärke, 19(9) 281.

- HOOWER, R., L. CLOUTIER, S. DALTON, F.W. SOSULSKI, 1988. Lipidcomposition of field pea seed and starch. *Stärke/ Starch* 40(9) 336.
- MAHNKE, S., M. MEYER, K. MÜNZING, 1989. Stärkeveränderungen bei der verarbeitung von Hafer. *Getriebe Mehl und Brot*, 43(4) 121.
- MÜNZING, K., 1989. Nachweis von Struktur veränderungen bei Getreidestärken mittels Wärmeleitungs-DSC. 8. Ulmer Kalorimetrietage. 13-14 März, 1989, Ulm, BRD.
- MÜNZING, K., H. BOLLING, 1989. Mikrokolorimetrische Darstellung von Phasenumwandlungen und Strukturveränderungen bei Getreidestärken. 40. Tagung für Getreidechemie in Detmold, vom 8.-9. Juni, 1989, Granum Verlag, Detmold, BRD.
- MÜNZING, K., T.GALDA. 1986. Anwendung der Differenz-Thermoanalyse (DTA) bei Lebensmitteln pflanzlicher Herkunft. *Zeitschrift für Lebensmitteltechnologie und- Verfahrenstechnik*, 37(7) 482.
- O'MAHONY, M., 1985. *Sensory evaluation of food, statistical methods and procedures*. Marcel Dekker Inc. New York, USA. P.157-211.
- SEÇKİN, R., 1968. Bulgurün terkip ve yapılışı üzerinde aratırma. Ankara Üni. Ziraat Fak. Yayın No. 320, Ankara.
- SHETTY, M.S., B.L. AMLA, 1972. Bulgar wheat. *J. Food Sci. Technol.*, 9, 163.
- SIEVERT, D., W. SEIBEL, E. RABE, K. PFEILSTICKER, 1987. Veränderung von Ballaststoffen durch die Verfahrenstechnik der Getreidetechnologie. 1. Mit.: Identifizierung und Charakterisierung der resistenten Stärke als Ballaststoffbestandteil und Beeinflussung ihrer Bildung im Verlauf der Backwarenherstellung. *Getreide-Mehl und Brot*, 41(6) 172.
- ULUÖZ, M., 1965. Buğday un ve ekmeğ analiz metodları. Ege Üni. Ziraat Fak. Yayın No: 57, Ege Üniv. Basımevi Bornova, İzmir.