CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ* FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MAKARNA KALİTESİNİN BELİRLENMESİNDE TEKSTÜREL YÖNTEMLERİN KULLANILABİLİRLİĞİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gıda Müh. Nazlı YEYİNLİ

Anabilim Dalı: Gıda Mühendisliği

Programı: Gıda Teknolojisi

MANİSA 2006

CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ* FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MAKARNA KALİTESİNİN BELİRLENMESİNDE TEKSTÜREL YÖNTEMLERİN KULLANILABİLİRLİĞİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gıda Müh. Nazlı YEYİNLİ

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 03.07.2006

Tezin Savunulduğu Tarih: 18.07. 2006

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ergun KÖSE

Diğer Jüri Üyeleri: Prof. Dr. Gülden Ova (E.Ü)
Prof. Dr. Yılmaz SEKİN

MANİSA 2006

ŞEKİL LİSTESİ

SAYFA

Şekil E.1 Pişmemiş Spagetti Bükülme Testi Grafiği…..…….....47
Şekil E.2 Pişmiş Spagetti Sertlik Grafiği……47
Şekil E.3 Pişmiş Spagetti Yüzey Yapışkanlığı Grafiği ……48
Şekil E.4 Pişmiş Spagetti Elastikiyet Grafiği…….48
Şekil E.5 Pişmemiş Spagetti Bükülme Donanımı…… 49
Şekil E.6 Pişmiş Spagetti Sertlik Donanımı……...49
Şekil E.7 Pişmiş Spagetti Yapışkanlık Donanımı…….50
Şekil E.8 Pişmiş Spagetti Elastikiyet Donanımı…….50

ÇİZELGE LİSTESİ

SAYFA

Çizelge 2.1. Makarnanın duyusal özelliklerine göre puan dağılımı…… 13
Çizelge 2.2. Makarna örneklerinin TOM içeriği ve pişme kalitesi arasındaki ilişki ….24
Çizelge 4.1. Makarna örneklerinin kimyasal özellikleri……33
Çizelge 4.2. Makarna örneklerinin teknolojik özellikleri……...35
Çizelge 4.3. Makarna örneklerinin tekstürel özellikleri……36
Çizelge 4.4. Makarna örneklerinin tekstürel ve kimyasal özellikleri arasındaki korelasyon katsayıları……..……38
Çizelge 4.5. Makarna örneklerinin tekstürel ve teknolojik özellikleri arasındaki korelasyon katsayıları……..……..…39
Çizelge 4.6. Makarna örneklerinin tekstürel özellikleri arasındaki korelasyon katsayıları……. 40
Çizelge E.1. Örneklere göre nem içeriği değişiminin varyans analizi ……....43
Çizelge E.2. Örneklere göre kül içeriği değişiminin varyans analizi……..43
Çizelge E.3. Örneklere göre protein içeriği değişiminin varyans analizi……. 43
Çizelge E.4 Örneklere göre pigment içeriği değişiminin varyans analizi.....43
Çizelge E.5. Örneklere göre kahverengilik değeri değişiminin varyans analizi ……..44
Çizelge E.6 .Örneklere göre sarılık değeri değişiminin varyans analizi……..…..44
Çizelge E.7 Örneklere göre makarna pişme hacmi özelliklerinin değişiminin varyans analizi……...44
Çizelge E.8 Örneklere göre makarna pişme ağırlığı özelliklerinin değişiminin varyans analizi……...44
Çizelge E.9 Örneklere göre pişme kaybı değişiminin varyans analizi……..…45
Çizelge E.10 Örneklere göre toplam organik madde içeriği değişiminin varyans analizi ……..45
Çizelge E.11 Örneklere göre kırılma kuvveti değişiminin varyans analizi……....45
Çizelge E.12 Örneklere göre kırılma mesafesi değişiminin varyans analizi…….....45
Çizelge E.13 Örneklere göre elastikiyet özelliklerinin değişiminin varyans analiz…..46

SAYFA

Çizelge E.14 Örneklere göre sertlik özelliklerinin değişiminin varyans analizi.....46
Çizelge E.15 Örneklere göre yapışkanlık özelliklerinin değişiminin varyans analizi...46

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans çalışmam süresince değerli bilgi ve tecrübesinden yararlandığım çok değerli hocam sayın Prof. Dr. Ergun KÖSE'ye, örneklerin temini için Pastavilla A.Ş. ve Piyale A.Ş.'ye, çalışmalarım boyunca desteğini ve hoşgörüsünü esirgemeyen aileme ve çalışma arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

SAYFA
İÇ KAPAK……I
ŞEKİL LİSTESİ……II
ÇİZELGE LİSTESİ……..III
TEŞEKKÜR……..V
İÇİNDEKİLER……..VI
ÖZET …… VIII
ABSTRACT……..IX

SAYFA

1. GİRİŞ……1
2. LİTERATÜR ÖZETİ……3
2.1 Makarna Kalitesini Değerlendirmede Kullanılan Bazı Parametreler……..……4
2.1.1. Makarna Görünüşü……5
2.1.2. Makarna Pişme Kalitesi……6
2.2. Makarna Kalitesinin Tekstürel Yöntemlerle Belirlenmesi……8
2.2.1. Makarnanın Tekstürel Özelliklerinin Duyusal Analizle Belirlenmesi……12
2.2.2. Makarnanın Tekstürel Özelliklerinin Enstrümental Yöntemlerle Belirlenmesi…… 14
2.2.2.1. Pişmemiş Makarnada Tekstürel Özelliklerinin Belirlenmesi……...17
2.2.2.1.1. Spagetti Bükülme Testi……17
2.2.2.1.2.Spagetti Kırılma Testi……18
2.2.2.2. Pişmiş Makarnada Tekstürel Özelliklerin Belirlenmesi……18
2.2.2.2.1. Pişmiş Makarna Sertliği……19
2.2.2.2.2. Pişmiş Makarnanın Yüzey Yapışkanlığı……20
2.2.2.2.3. Pişmiş Makarnanın Elastikiyeti……22
2.2.3. Makarna Kalitesinin Teknolojik Yöntemlerle Belirlenmesi……..23
3. MATERYAL VE METOT……27
3.1. Materyal……27
3.2. Metot…… 27
3.2.1. Makarna Örneklerinin Hazırlanması…… 27
3.2.2. Kimyasal Analizler……27
3.2.3. Teknolojik Analizler…… 27

SAYFA

3.2.4. Tekstürel Analizler……29
3.2.4.1. Pişmemiş Makarnada Yapılan Tekstürel Analizler…… 29
3.2.4.2. Pişmiş Makarnada Yapılan Tekstürel Analizler…….. 30
3.2.5. İstatistiksel Analiz…… 31
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA…… .32
4.1. Makarna Örneklerinin Kimyasal Özellikleri……..32
4.2. Makarna Örneklerinin Teknolojik Özellikleri……33
4.3. Makarna Örneklerinin Tekstürel Özellikleri…….35
4.4. Makarna Örneklerinin Kalite Özellikleri Arasındaki Korelasyonlar…… 37
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER……41
6. EKLER……..43
7. KAYNAKLAR……51

ÖZET

Bu çalışmada farklı hammadde özelliklerine sahip spagetti örneklerinin kimyasal, teknolojik ve tekstürel özellikleri irdelenerek örnekler arası farklılıklar saptanmış ve tekstürel özelliklerin kimyasal ve teknolojik özelliklerle korelasyonu incelenerek tekstürel yöntemlerin makarna kalitesini belirlemede zaman alıcı ve maliyeti yüksek diğer metotlara alternatif olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır.

Çalışma kapsamında yapılan kimyasal analizler; nem, kül, protein ve pigment tayini, teknolojik analizler; renk (kahverengilik, sarılık değeri), makarna pişme ağırlığı, makarna pişme hacmi, pişme kaybı ve toplam organik madde miktarı tayini, tekstürel (enstrümental) analizler; pişmemiş makarnada kırılma kuvveti ve kırılma mesafesi, pişmiş makarnada sertlik, yapışkanlık ve elastikiyet tayinidir.

Spagetti örneklerinin kimyasal, teknolojik ve tekstürel özellikleri arasında önemli ilişkiler saptanmış, tekstürel yöntemlerin Texture Analyzer doku ölçüm cihazı ile kimyasal ve teknolojik yöntemlere alternatif olarak kullanılabildiği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: spagetti, kimyasal özellikler, tekstürel özellikler, teknolojik özellikler.

ABSTRACT

In this study, chemical, technological and textural properties of spaghetti samples having different raw material properties were investigated and correlations among textural and other properties of spaghetti samples were determined in order to find out the use of textural properties in determining the quality of pasta.

Moisture content, ash content, protein and pigment content were measured chemical properties. Brownness and yellowness indices, percent increase in cooked pasta volume or cooked pasta weight, cooking loss and total organic matter tests were measured technological properties. Breaking distance and breaking strength of dry pasta, firmness, surface stickiness and elasticity of cooked pasta were evaluated as textural properties.

Close correlations were obtained among chemical, technological and textural properties of spaghetti samples indicating that textural methods could be used as an alternative to other test methods.

Keywords: spaghetti, chemical properties, technological properties, textural properties.

1. GİRİŞ

İtalyanların “Pasta – Spaghetti”, Amerikalıların “Spaghetti -Noodles - Macaroni”, İngilizlerin “Pasta - Macaroni”, Çinlilerin “Mein”, Japonların “Udon” adının verdikleri makarnanın kökeni konusunda farklı fikirler ortaya atılmıştır. Makarnanın dünyada ilk defa İtalya’da üretildiği söylenirse de makarna yapımı Çin veya Japonya’da başlamıştır. Uzakdoğu’dan Avrupa’ya gelen makarna, tüketicilerin beğenisi nedeniyle üretilmeye başlanmış ve 1800’lü yıllarda ilk defa İtalya’da küçük makarna fabrikaları inşa edilmiştir (Ünal, 1995). Dünyada makarna tüketimi sürekli artış göstermektedir. Uzun süre muhafaza edilmesi, çeşitliliği, kolayca hazırlanması, lezzeti, doyuruculuğu ve diğer gıda maddelerinin çoğundan ucuz olması gibi nedenlerle özellikle gelişmekte olan ülkelerde halkın beslenmesinde önemli yeri olan bir gıda maddesidir (Ova 1989; Bergman et al, 1994; Feillet and Dexter 1996; Feillet et al, 1996).

Türk Gıda Kodeksi Makarna Tebliği’ne göre Makarna, ‘Triticum durum buğdayından üretilen irmiğe su katılıp tekniğine uygun yoğrularak hazırlanan hamurun şekillendirilip kurutulmasıyla elde edilen bir ürün olup; sade, tam buğday, çeşnili, zenginleştirilmiş, güçlendirilmiş makarna ile vitamin, mineral ilaveli makarna’ olarak adlandırılır (Anon, 2005).

Dünyada kişi başı makarna tüketiminde 28 kg. ile İtalya ilk sırada yer almaktadır. İtalya’yı 13 kg. ile Venezuella ve 11.7 kg. ile Tunus izlemektedir. Türkiye’nin kişi başına makarna tüketimi 1962 yılında 1.2 kg iken,1978 yılında 3.9 kg.a, 90’lı yılların başında 4.3 kg.a, 2005 yılında ise 5.6 kg.a yükselmiştir (Anon, 2005).

Türkiye’de makarna tüketiminin arzu edilen seviyeye gelememesinde sos kültürünün Türk mutfağında yerleşik olmaması, makarna pişirilmesi konusunda halkın yeterince bilgi sahibi olmaması, üretimde çeşitliliğin yeni başlamış

olması, makarnanın besleyici değerinin yeterince anlatılamamış olması gibi nedenler etkili olmaktadır.

Makarna endüstrisinde artan rekabet koşulları üreticileri kaliteli makarna üretmeye yöneltmiştir. Tüketiciler kalite beklentilerinde daha ayırt edici duruma gelmiş ve ürün kalitesindeki değişim daha az kabul edilebilir hale gelmiştir (Dexter and Marchylo 2001). Bu nedenle makarna yapımında kullanılan durum buğdayı irmiğinin ve makarna kalitesinin geliştirilmesi yönünde çalışmalar son yıllarda yoğunluk kazanmıştır.

Makarna kalitesinin belirlenmesinde kimyasal, teknolojik, tekstürel ve duyusal metotlar kullanılmaktadır. Makarna tüketicileri arasında sertlik, çiğnenebilirlik ve yapışkanlık gibi makarnanın tekstürel özellikleri makarna pişme kalitesinin değerlendirilmesinde en önemli özellikler olarak kabul edilmektedir (Kovacs et al, 1997). Makarna pişme kalitesi, pişirme sonrası makarnanın sertliği ve yüzey durumu ile değerlendirilmektedir (Troccoli et al, 2000). Makarna pişme kalitesini değerlendirmede kullanılan en önemli kriterler sertlik, elastikiyet, yüzey yapışkanlığı, pişme toleransı, su absorbsiyonu, şişme derecesi ve pişirme suyuna geçen madde miktarıdır.

İyi kalitede makarna yarı şeffaf, parlak sarı renkte, nokta benek ve çatlaklardan arı, düzgün bir yüzeye sahip olmalıdır (Dick and Matsuo, 1988). Pişirildiğinde elastik, yüzey dağılmasına ve yapışkanlığa dirençli olmalı, ‘al dente’ kıvamını, sert yapısını ve sağlam tekstürünü koruyabilmelidir (Clark et al, 1997; Gonzalez et al, 2000).

Çalışmamızda makarna kalitesinin tüketici tercihi açısından önem taşıyan tekstürel özellikleri belirlenerek kimyasal ve teknolojik özelliklerle korelasyonları saptanmış, böylece makarna kalitesini belirlemede tekstürel yöntemlerin zaman alıcı ve maliyeti yüksek kimyasal ve teknolojik özelliklere alternatif olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Durum buğdayı iyi dokusal özelliklere sahip, yüzey dağılmasına dirençli makarna üretimi için en iyi hammaddedir (D'Egidio et al. 1990, Guinea et al. 2004). Durum buğdayı kalitesi ve bu buğdaydan elde edilen irmiğin kalitesi makarna kalitesini belirleyen önemli parametrelerdir. Buğday kalitesi kavramı üretici, değirmenci, makarna imalatçıları ve tüketiciler açısından farklılıklar göstermektedir. Üretici, ürün verimi yüksek; değirmenci irmik verimi yüksek homojen buğday, imalatçı yüksek protein içeriği ve gluten kalitesine sahip pişme performansı iyi, sarı renkli makarna üretmeye uygun buğdayı tercih ederken tüketici ise görünüş, besin değeri, tat ve rengin yanı sıra özellikle makarna pişme kalitesi olarak ifade edilen makarnanın tekstürel özellikleri ile ilgilenmektedir (Dexter and Marchylo 2001).

Makarna, durum buğdayından elde edilen en önemli gıda maddesidir ve bu hububat ürünü için en büyük pazarı oluşturmaktadır (Cubadda, 1985). Makarna kalitesi genel olarak makarnanın görünüşü ve pişme kalitesiyle değerlendirilmektedir (Cole 1991; Feillet et al, 2000). Makarna tüketicileri arasında sertlik, çiğnenebilirlik ve yapışkanlık gibi makarnanın tekstürel özellikleri makarna pişme kalitesinin değerlendirilmesinde en önemli özellikler olarak kabul edilmektedir (Kovacs et al, 1997). Makarna pişme kalitesi, görünüş, besin değeri, tat ve rengin yanı sıra tüketici tercihini belirlemede esas rol oynaması sebebiyle buğday üreticileri ve işleyicileri için de büyük öneme sahip olup makarna üretimi sırasında özellikle dikkate alınmaktadır (D'Egidio and Nardi 1996; Troccoli et al, 2000; Güler et al, 2002).

2.1. MAKARNA KALİTESİNİ DEĞERLENDİRMEDE KULLANILAN BAZI PARAMETRELER

2.1.1 Makarna Görünüşü

Makarna görünüşünü ve tüketici kabulünü etkileyen faktörler; renk, nokta benek sayısı, yüzey tekstürü, makarna kuvvet ve esnekliği olmak üzere dört grup altında toplanabilir (Feillet and Dexter 1996). Renk makarnanın estetik görünüşünün bir yönü olmakla birlikte makarnalarda yüzey düzgünlüğü, çatlama ve nokta benek gibi kusurlar da görünüş ve tüketici kabulünü etkilemektedir (Feillet and Abecassis 1976).

Kaliteli makarnayı tanımlayan en önemli özelliklerden birisi pişmemiş makarnanın rengidir. Aranılan bu renk parlak sarı 'amber' rengidir. Makarna rengi durum buğdayının özellikleri, irmik kalitesi, öğütme koşulları, yoğurma, ekstrüzyon ve kurutmanın proses şartlarından etkilenmektedir (Dick and Matsuo 1988; Feillet and Dexter 1996). Ekstraksiyon oranı çok yüksek veya nokta benek sayısı fazla olan irmikten yapılan makarnaların rengi endosperm dışı maddelerin irmiğe karışması nedeniyle matlaşmakta ve kahverengileşmektedir (Dexter and Matsuo 1978; Matsuo and Dexter 1980).

Makarna rengi arzu edilen sarı bileşen (yellowness = b), arzu edilmeyen kahverengi bileşen (brownness = 100-L) ve bazı kurutma koşullarına bağlı olarak kırmızı bileşenden (redness = a) oluşmaktadır (Laignelet et al, 1972; Feillet and Dexter 1996). Makarnada gözlenen sarılık irmikteki karotenoid pigmentlerinin ve lipoksidaz aktivitesinin bir sonucudur (Borrelli et al, 1999). Kırmızı renk, protein ve şekerler arasında gerçekleşen Maillard veya karbonil-amin reaksiyonları sonucu oluşmaktadır (Resmini et al, 1993; Resmini et al, 1994). Makarnada görülen kahverengiliğin nedeni ise biraz daha karmaşıktır. Kahverengilik buğday endosperminin kahverengiliği ve irmiğin saflık

derecesinden etkilenmekte ve yüksek sıcaklıklarda kurutulan makarnalarda Maillard Reaksiyonları sonucu oluşmaktadır (Feillet et al, 2000).

Makarna rengi tüketici açısından subjektif olarak değerlendirilmekte ancak her gün çok sayıda farklı örneğin karşılaştırıldığı laboratuar şartlarında kişiye bağlı değişimleri elimine etmek amacıyla objektif test metotlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Reflektans kolorimetreler (Walsh et al, 1969; Walsh 1970) ve spektrofotometreler (Dexter and Matsuo 1977) makarna renginin şiddeti ve parlaklığını tespit ve karşılaştırma amacıyla kullanılmaktadır. Reflektans kolorimetrelerin kullanımıyla makarna örneklerinin kahverengilik (100-L), sarılık (b) ve kırmızılık değerleri (a) subjektif olarak belirlenmektedir (Dick and Matsuo 1988).

Makarna görünüşüne ait diğer bir özellik kurutulmuş makarnada çatlaklar şeklinde görülen bir üretim kusurudur. Böyle üretilmiş makarna hoşa gitmeyen bir görünüşe sahiptir. Çubuk kuvveti zayıf olduğu için paketleme toleransı da düşüktür (Feillet and Dexter 1996). Bu durumun en sıklıkla karşılaşılan nedeni uygunsuz kurutma koşullarıdır (Hummel 1966). Yüzey nemi çok hızlı uçarsa, makarnanın yüzeyi sertleşir. Makarnanın ortası kuruduğunda çubuk uygulanan kuvvete karşı koyamayarak kırılma gerçekleşir (Feillet and Dexter 1996).

Yüzey düzgünlüğü makarnanın üretimi sırasında kullanılan kalıbın özelliklerine bağlıdır (Donnelly 1982). Kullanılan kalıbın özellikleri makarnanın düzgün veya pürüzlü yüzeye sahip olmasını belirler. Modern kalıplar makarnaya parlak, düzgün yüzey sağlayan Teflon malzemeden yapılmaktadır (Feillet and Dexter 1996).

Makarna yüzeyindeki renk kaybı, nokta ve beneklerin varlığına bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Renk kaybı beyaz nokta veya çizgiler halinde ise bu durum uygunsuz yoğurma veya yetersiz suya bağlı olarak irmiğin homojen olmayan su alımından kaynaklanmaktadır. Kahverengi noktalara ise irmiğin öğütülmesi

sırasında uzaklaştırılamayan kepek parçaları neden olur. Durum buğdayının öğütülmesi sırasında kepeğin varlığına bağlı olarak meydana gelen noktalar buğdayın fiziksel durumu, öğütme tekniği ve irmik ekstraksiyon oranına bağlıdır (Feillet and Dexter 1996).

İyi kalitede makarna yarı şeffaf, parlak sarı renkte, nokta benek ve çatlaklardan arı, düzgün bir yüzeye sahip olmalıdır (Dick and Matsuo 1988).

2.1.2. Makarna Pişme Kalitesi

Makarna pişme kalitesi durum buğdayı irmiğinin makarna üretimi için uygunluğunu değerlendirmede en önemli kriterlerden biridir (Sharma et al, 2002). Makarna pişme kalitesi üretim koşulları ve irmiğin ekstraksiyon oranından etkilenmekle birlikte esas olarak üretildiği irmiğin özelliklerine bağlıdır (Cubadda 1988; 1989).

Pişme kalitesi, pişirme sonrası makarnanın sertliği ve yüzey durumu ile değerlendirilmektedir (Troccoli et al, 2000). Spagetti pişme kalitesini tam olarak değerlendirebilmek için birden fazla faktörün göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Manser (1981)'e göre, en önemli kriterler sertlik, elastikiyet, yüzey yapışkanlığı, pişme toleransı, su absorbsiyonu, şişme derecesi ve pişirme suyuna geçen madde miktarıdır. Makarna pişme kalitesi tüketicinin tat ve alışkanlıklarına bağlı olarak değişmekle birlikte ürünün pişme sonrası yapısını koruması ve yapışkan, kalın bir kütle halini almaması olarak açıklanmaktadır (Cubadda, 1988).

Protein miktar ve kalitesi, pişmiş makarna sertliği ve pişme stabilitesini sağlaması açısından makarna pişme kalitesini etkileyen en önemli özelliklerdir (Cubadda, 1985; D'Egidio et al, 1990; Novaro et al, 1993). İyi kalitede makarnanın pişmesi sırasında protein suyu emerek nişastadan daha hızlı bir şekilde şişer. Zayıf kalitede makarnada protein sürekli bir matriksten ziyade

kütleler halinde kümeleşir. Protein fraksiyonunun nişasta jelatinizasyonundan önce hidrasyonu sert, iyi kalitede pişmiş makarna üretimi için gereklidir. Protein matriksinin parçalanması makarnanın yüzey yapısında değişimlere neden olmaktadır (Smewing 1997). Makarna kalitesini birinci derecede etkileyen faktörün protein içeriği, ikinci derecede etkileyen faktörün ise gluten kuvveti olduğu çeşitli araştırmacılar tarafından ortaya konmuştur (Matsuo et al, 1982; D'Egidio et al, 1990; Novaro et al, 1993; Feillet and Dexter 1996).

Makarna yapımında proteinlerin ağ şeklinde bir yapı oluşturarak diğer bileşenleri ve özellikle de nişasta granüllerini tutabilme kabiliyetlerinin kalite üzerine etkili olduğu belirtilmektedir (Cubadda 1988; Feillet 1988). Protein ağı spagetti yüzeyinin dağılmasını önleyip karbonhidrat ve proteinlerin pişirme suyuna geçmesini engeller (Malcolmson et al, 1993). Eğer protein ağı çok gevşek yapıda ise pişme sırasında nişasta granüllerini tutamaz ve makarna yüzeyinde bir nişasta tabakası meydana gelir. Bu da makarnanın yapışkan bir hal almasına neden olur (Feillet 1988). Yapılan çeşitli araştırmalarda protein miktarının artmasıyla pişmiş spagettinin sertliğinin arttığı, pişme kaybının azaldığı ve aşırı pişirmeye karşı dayanıklılığının daha iyi olduğu belirtilmektedir (Grzybowski ve Donnelly 1979; Dexter et al, 1983; Autran et al, 1986). Gluten özellikleriyle belirlenen spagetti protein kalitesi de pişme kalitesini etkilemektedir (Matveef 1966, Sheu et al, 1967, Matsuo and Irvine 1970, Matsuo et al, 1972, Dexter and Matsuo 1977, Gryzbowski and Donnelly 1979). Feillet et al, (1977), yüksek elastikiyete sahip kuvvetli glutenin iyi pişme kalitesine sahip makarna ürettiğini, düşük elastikiyete sahip zayıf glutenin ise zayıf kalitede makarna ürettiğini ortaya koymuştur. Kaliteli makarna elde etmek için yüksek protein ve kuvvetli gluten istenmektedir.

İyi kalitede bir makarna pişirildiğinde parlak sarı renkte, elastik, yüzey dağılmasına ve yapışkanlığa dirençli olmalı, 'al dente' kıvamını, sert yapısını ve sağlam tekstürünü koruyabilmelidir (Clark et al, 1997; Gonzalez et al, 2000).

2.2. MAKARNA KALİTESİNİN TEKSTÜREL YÖNTEMLERLE BELİRLENMESİ

Makarna ürünlerinin tekstürel özellikleri renk, tat ve besleyici değerinin yanı sıra tüketici tercihini belirlemede esas rol oynamaktadır (D'Egidio and Nardi 1996). Bu nedenle spagetti kalitesini belirlemede esas kriter pişmiş makarnanın tekstürün değerlendirilmesi olarak kabul edilir (Dexter et al, 1985; Edwards et al, 1993).

Bir gıdanın tekstürü farklı yapısal özelliklerinin ve bu özelliklerin duyu organlarıyla etkileşiminin bir bileşimidir (Sczesniak 1963). Sczesniak tarafından önerilen gıda tekstürünün genel sınıflandırmasında, pişmiş makarnanın genel özellikleri geometrik ve mekanik özellikler olmak üzere iki genel kategoride değerlendirilmektedir. Geometrik özellikler materyalin boyut, şekil gibi genel fiziksel durumuna ilişkin özellikleridir. Mekanik özellikler ise makarna ürünleri için esas öneme sahiptir. Bu özellikler şöyle tanımlanmaktadır: Sertlik (firmness), duyusal olarak makarnayı ısırmak için gerekli kuvvet, enstrümental olarak ise bir pişmiş spagetti çubuğunu özel bir bıçakla bölmek için gerekli iş (g.cm) olarak tanımlanır (Anon, 1995-AACC Method 16-50). Yapışkanlık (stickiness), pişmiş makarnanın damak, dil, diş ve parmaklara yapışma durumu olarak ifade edilir. Elastikiyet (elasticity), bir spagetti örneğine deforme edici gerilme kuvveti uygulanıp kaldırıldığında deforme olmuş makarnanın ilk durumuna geri dönme kapasitesini ifade eder. Kıvam (consistecy) makarnayı bir arada tutan kuvvet olarak ifade edilir (D'Egidio ve Nardi 1996).

Sertlik, kıvam ve elastikiyet parçacıklar arasında dağılmaya karşı koyan çekim kuvveti ile yapışkanlık ise yüzey özellikleri ile ilgilidir. Pişmiş makarnanın tekstürünü karakterize etmede kullanılan ikinci derecede öneme sahip parametreler ise çiğnenebilirlik ve bloklaşmadır. Çiğnenebilirlik (chewiness) bir örneği yutmaya uygun kıvama getirmek için saniyede bir çiğneme hızında çiğnemek için gerekli süredir. Sertlik, kıvam ve elastikiyete bağlı bir

parametredir. Bloklaşma (bulkiness) pişmiş makarnanın birbirine yapışma oranıdır. Yapışkanlıkla ilgili bir parametredir (D'Egidio and Nardi 1996).

Ticari veya deneysel bir makarna örneğinin tekstürel özellikleri buğday çeşidi, yetişme koşulları, öğütme ve makarna üretimi, makarna kurutma sıcaklıkları, şekil ve boyut, pişirme koşulları gibi birçok faktörden etkilenmektedir. Bu faktörlerin çoğu isteğe veya deneysel gereksinimlere göre değiştirilebilmektedir. Son yıllarda bu faktörlerden özellikle makarna kurutma sıcaklığı kaliteye etkisi nedeniyle çeşitli araştırmacılar tarafından araştırılmıştır. Dexter et al, (1983) yüksek ve düşük sıcaklıkta kurutulan, değişik sertliklerdeki pişirme sularında pişirilen makarna örneklerinin yapışkanlık, pişmiş makarnada ağırlık artışı, pişme kaybı, yumuşaklık indeksi (tenderness index) ve sıkıştırılabilirliklerini incelemiştir. Yüksek sıcaklıkta kurutulan spagetti örneklerinin düşük sıcaklıkta kurutulanlara oranla daha az yapışkan, daha esnek, sert ve daha az pişme kaybına sahip olduğu gözlenmiştir. Manthey and Shorno (2002), tam durum buğday un ve irmikten elde edilen spagettilerin fiziksel ve pişme kalitelerini incelemiş, kurutma sıcaklığının ve (yetiştirme tekniğinin) cultivarın bu özellikler üzerine etkisini ortaya koymuştur. Tam buğday unundan elde edilen spagettinin irmikten elde edilen spagettiye oranla daha düşük mekanik kuvvet ve sertliğe, daha fazla pişme kaybına sahip olduğu gözlenmiştir. Yüksek sıcaklıkta kurutulan her iki çeşit spagettinin de pişme kaybı düşük sıcaklıkta kurutulanlara oranla daha düşüktür. Optimum pişirme süresi + 6 dakika pişirilen yüksek sıcaklıkta kurutulan örneklerde sertlik düşük sıcaklıkta kurutulan örneklere oranla daha fazladır. D'Egidio et al, (1993) 50 ve 90ºC'larda kurutulan spagetti makarnaların toplam organik madde miktarı ve duyusal özelliklerini karşılaştırmış ve kurutma sıcaklığının toplam organik madde miktarı ve duyusal değerlendirme üzerine etkisini incelemiştir. 50ºC'da kurutulan örneklerin toplam organik madde miktarı, yapışkanlık ve sertlikleri 90ºC'da kurutulan örneklere oranla daha fazla olmuştur. Bununla birlikte, sıkıştırılabilirlik (mm), kıvam(%), geri dönme derecesinin (recovery) (mm), düşük sıcaklıkta kurutulan örneklerde daha düşük olduğu gözlenmiştir. Bu çalışma ile düşük kurutma sıcaklıklarında

toplam organik madde miktarı testinin makarna pişme kalitesinin değerlendirilmesinde uygun bir test tekniği olduğunu ancak yüksek kurutma sıcaklıklarında TOM testine ek olarak sertlik testinin de pişme kalitesinin değerlendirilmesinde önem kazandığını ortaya koymuştur. Güler et al. (2002) yüksek ve çok yüksek sıcaklıkta kurutmanın makarna pişme kalitesi ve nişasta özellikleri üzerine etkisi incelemiştir. Pişme kalitesinin değerlendirilmesinde pişme kaybı, toplam organik madde miktarı belirlenmiş ve duyusal analiz yapılmıştır. Sonuç olarak yüksek sıcaklıkta kurutulan makarnaların toplam pişme kalitelerinin çok yüksek sıcaklıkta kurutulan makarnalara oranla daha düşük olduğu saptanmıştır.

Makarnanın pişirilmesi sırasında göz önünde bulundurulması gereken en önemli faktörler (Menger 1979); pişme süresi, makarna/ su oranı, pişme suyunun sertlik ve pH'sı, makarnayı süzme ve test etme arasında geçen zamandır. Bu faktörler kritiktir, çünkü her biri tekstürel özellikleri farklı şekilde etkilemektedir. Örneğin, su sertliği yüzey yapışkanlığını etkilerken, makarnayı süzme ve test etme arasında geçen zaman hem sertlik ve hem de yapışkanlığı etkiler. Pişirme süresi tüm tekstürel özellikleri etkilemektedir; genel olarak deneysel çalışmalarda, spagettinin ortasındaki beyaz hattın (nişastanın) tamamen kaybolması için geçen süre olarak ifade edilen optimum pişme süresi kullanılır (Manthey and Shorno 2002). Bazı durumlarda normal pişme süresi (optimum pişme süresi + 1-3 dakika), sabit standart bir pişme süresi (12-13 dk) ve aşırı pişme süresi (normal pişme süresi + 10-12 dakika) kullanılabilir (D'Egidio and Nardi 1996).

Çeşitli araştırmacılar su sertliğinin artmasıyla pişmiş spagetti yapışkanlığının (Menger 1980; D'Egidio et al, 1981; Dexter et al, 1983b; Seibel et al,1985) pişirme ve durulama suyundaki toplam organik madde miktarının ve pişme kaybının arttığını (D'Egidio et al, 1981; Seibel et al, 1985) belirtmişlerdir. Pişirme suyunda kalsiyum ve magnezyumun artması makarna pişme kalitesini ters yönde etkilemektedir (Menger 1980; Oh et al, 1985).

Çeşitli araştırmacılar ise pişirme suyu pH'sının makarnanın pişme kalitesine etkisini araştırmışlardır. Alary et al, (1979), Abecassis et al, (1980) kaynak suyunun pH'sını 6.0'a ayarlayarak pişmiş makarnanın yapışkanlık, pişme kaybı ve yüzey dağılmasını azaltmışlardır. Abecassis et al, (1980) ayrıca destile suyun pH'sını ayarlayarak spagetti pişme kalitesinin pH 6'da en iyi olduğunu bulmuştur. Bu pH değerinin dışında makarna pişme kalitesi olumsuz etkilenmektedir. Seibel et al, (1985) zayıf asidik pişirme suyunun duyusal kaliteyi geliştirdiği ve toplam organik madde miktarını düşürdüğünü ifade etmişlerdir. Oh et al, (1985) pH 8'in üzerinde eriştelerin sertliğinin düştüğünü ve pişme kaybının arttığını bulmuştur. Dexter et al. (1985) makarna pişme kalitesini değişik sertliklerde su kullanarak incelemiştir. Musluk suyu kullanılarak pişirilen makarnaların yapışkanlığı, pişme kaybı, toplam pişme puanı ve toplam organik madde miktarının tampon çözelti kullanılarak pişirilen makarnaya oranla daha düşük olduğu saptanmıştır.

Araştırmacılar tarafından araştırılan bir diğer parametre ise makarna pişme süresidir. Yapılan çalışmalarda genel olarak optimum pişme süresine ek olarak makarnanın aşırı pişirmeye dayanıklılığını tespit etmek amacıyla farklı pişme süreleri denenmiştir. Manthey and Schorno (2002) spaghetti örneklerini optimum pişirme süresi ve optimum pişirme süresi+6 dakikaya pişirerek sertliğin artan pişirme süresiyle azaldığını bildirmiştir. Malcolmson et al, (1993) spaghetti örneklerini optimum pişirme süresi ve optimum pişirme süresi+10 dakikaya pişirerek artan pişirme süresiyle sertliğin azaldığını yapışkanlığın ise arttığını bildirmiştir. Sözer and Kaya (2003) farklı tuz konsantrasyonlarında ve farklı pişme sürelerinde pişirilen spagettilerin tekstürel özelliklerindeki değişimi incelemiş, tuz konsantrasyonunun artmasıyla spagetti sertlik ve yapışkanlıklarının arttığını, pişirme süresinin artmasıyla ise her iki parametrenin de azaldığını tespit etmiştir.

İyi kalitede pişmiş makarnanın parlak sarı renkte, yüzey yapışkanlığı az, sert, sağlam, elastik yapıda ve minimum pişme kaybına sahip olması istenmektedir (Dexter et al, 1983; Dexter et al, 1985; Clarke et al, 1998).

Pişmiş spagettinin tekstürel özellikleri duyusal ve deneysel (kimyasal ve enstrümental) metotlarla belirlenebilmektedir. Tüketici tercihine en yakın sonuçlar vermesi ve pişmiş makarna tüm tekstürel özelliklerinin değerlendirilmesini mümkün kılması nedeniyle duyusal değerlendirme gıdaların tekstürel özelliklerinin belirlenmesinde en temel otoritedir. Bunun yanı sıra, duyusal değerlendirme kimyasal veya enstrümental metotların geliştirilmesi ve kabul edilmesinde referans oluşturmaktadır (D'Egidio and Nardi 1996).

2.2.1. Makarnanın Tekstürel Özelliklerinin Duyusal Analizle Belirlenmesi

Makarna pişme kalitesinin duyusal analizle değerlendirilmesi için International Standards Organization (ISO) standart bir metot hazırlamıştır (ISO 1985). Bu metotta makarnanın yüzey yapışkanlığı referans fotoğraflar kullanılarak, sertlik ise çiğneme yolu ile tespit edilmektedir. Her bir parametre için puanlama 1'den 9'a kadar olup, artan kaliteyle artış göstermektedir. Bu metotta, suyun bileşimine bağlı farklılıkları ortadan kaldırmak ve örnekler arası kalitatif farklılıkları arttırmak için yapay olarak sertleştirilmiş su kullanılmaktadır (D'Egidio and Nardi 1996).

Makarna ürünlerinin geleneksel olarak üretildiği ve tüketildiği İtalya'da duyusal analiz oldukça yaygındır. İtalyan araştırma ve makarna üretim laboratuarları genel olarak yapışkanlık, sertlik ve bloklaşmayı değerlendirmektedir. Yapışkanlık ve bloklaşma görsel yolla ve elle inceleyerek değerlendirilirken, sertlik makarnayı dişlerle kesme yoluyla değerlendirilir. Genel olarak eğitimli 3 panelist duyusal analizde görev alır. Panelistler her bir parametreyi bağımsız olarak değerlendirip 0-100 arasında puanlandırırlar (Çizelge 2.1.). Toplam pişme puanı tüm sonuçların aritmetik ortalaması olarak ifade edilir. İyi kalitede

makarna 70'in üzerinde, orta kalitede makarna 50-70 arası, düşük kalitede makarna ise 50'nin altında bir puanla ifade edilir (D'Egidio ve Nardi 1996). Cubadda (1988), toplam puanı 40 veya altındaki makarnanın zayıf kalitede olduğunu, 40-50 arasında kalitenin tamamen yeterli olmadığını, 50-70 arası orta kalitede, 70-80 arası iyi kalitede ve 80'in üzeri ise çok iyi kalitede olduğunu bildirmiştir.

Çizelge 2.1. Makarnanın duyusal özelliklerine göre puan dağılımı*

Puan	Yapışkanlık	Bloklaşma	Sertlik
<20	Çok yüksek	Çok yüksek	Yok
40	Yüksek	Yüksek	Az
60	Az	Az	Yeterli
80	Neredeyse yok	Neredeyse yok	İyi
100	Yok	Yok	Çok iyi

*Cubadda 1988

Makarnanın duyusal değerlendirilmesinde şimdiye kadar yapılan çalışmalarda farklı puanlama skalaları kullanılmıştır. Bunlardan bazıları 8 puan skalası, 9 puan skalası, 5 puan skalası, 3 puan skalası ve 100 puan skalasıdır. Her ne kadar terminoloji ve duyusal teknikler gelişmeye açık olsa da farklı puanlama sistemlerinin kullanılması, terimlerde anlam karmaşası veya terimlerin iki anlamının bulunması, tanım karmaşası; örneğin stickiness/gumminess'in aynı anlamda kullanılması gibi faktörler duyusal analizi zorlaştırmaktadır (Cole 1991). Bunun yanı sıra özellikle örnek miktarının kısıtlı olduğu ve fazla sayıda örneğin değerlendirileceği durumlarda duyusal değerlendirme pratik değildir, maliyeti arttırır ve zaman alıcıdır (Edwards et al, 1993). İtalyan, Alman ve Fransız laboratuarları tarafından gerçekleştirilen deneysel bir çalışmada pişme kalitesinin değerlendirilmesinde kritik faktörün panelistlerin deneyimlerindeki farklılığın olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle makarnanın tekstürel özelliklerin belirlenmesinde duyusal test tekniklerine alternatif olarak çeşitli enstrümental metotlar geliştirilmiştir (Cubadda 1988). Diğer bir yandan, Dobraszczyk and Vincent (1999) duyusal analizin ağızda dişler, dil, tükürük arasındaki interaksiyonlar sonucu gıda maddesinin kompleks deformasyonunu içeren bir

proses olması nedeniyle duyusal değerlendirmeler ve enstrümental test metotları arasında elde edilen korelasyonların genel olarak yetersiz kaldığını ifade etmiştir.

2.2.2. Makarnanın Tekstürel Özelliklerinin Enstrümental Yöntemlerle Belirlenmesi

Pişmiş spagetti için özel olarak geliştirilen bazı deneysel ekipmanların yanı sıra gıdaların tekstürel özelliklerini ölçen Kramer Shear Press, General Food Texturometer, Ottawa Texture Measuring System, Instron Universal Tester, Texture Analyzer gibi genel tekstür cihazlarında pişmiş ve pişmemiş makarnanın tekstürel özellikleri uygun donanımlarla belirlenebilmektedir. Bu enstrümental testler kesme, sıkıştırma, gerilme veya uzama, yapışma ya da birkaç kuvvetin ölçülmesi esasına dayanmaktadır (D'Egidio and Nardi 1996).

En son geliştirilen tekstür ölçüm cihazı TA-XT Plus Texture Analyzer (Stable Micro Systems, England) dır. Bilgisayar kontrollü bu cihaz sıkıştırma, delme ve nüfuz etme, kesme ve bölme, ekstrüzyon, gerilme, kırılma, bükülme, kopma ve yapışma prensiplerine göre çalışmaktadır. Her prensip için geliştirilmiş uygun prob ve donanımlarla çeşitli gıda maddelerinin sertlik, yumuşaklık, elastikiyet, yapışkanlık, gevreklik gibi tekstürel özellikleri kısa sürede ölçülebilmektedir.

Texture Analyzer Çalışma Prensipleri

- **Sıkıştırma**

  Gıda örneği bir prob vasıtasıyla deforme edilir ve deformasyonun derecesi ve örneğin kuvvete gösterdiği direnç tektürünün bir göstergesi olarak ifade edilir.

- **Delme ve penetrasyon:**

  Bir delme ve penetrasyon testinde, belirli bir penetrasyon derinliğini sağlamak için gerekli kuvvet ölçülür ve gıdanın katılık, sertlik, dayanıklılık veya diğer tekstürel özelliklerinin bir göstergesi olarak ifade edilir. Okunan kuvvet ne kadar yüksekse veya sabit kuvvette penetrasyon derinliği ne kadar azsa materyal o kadar dirençlidir.

- **Kesme ve bölme:**

  Deneysel donanımı belirtilen koşullar altında gıda örneğini kesen ve bölen tekli bir bıçak veya bıçak takımı oluşturmaktadır. Kesme ve bölmeyi gerçekleştirmek için gerekli maksimum kuvvet ve/veya iş örneğin sertliği, dayanıklılığı veya lifliliğinin göstergesi olarak ifade edilir.

- **Ekstrüzyon:**

  Bu test prensibine dayalı çalışan donanımların tabanlarında gıdanın ekstrüde olması için delikler bulunmaktadır. Gıdaya, gıda test hücresi içindeki bir veya daha fazla delikten akana kadar kuvvet uygulanır. Gıda yapısı parçalanana kadar sıkıştırılır ve deliklerden çıkar. Ekstrüzyonu sağlamak için gerekli maksimum kuvvet ölçülür ve tekstürel kalitenin göstergesi olarak ifade edilir.

- **Gerilme:**

  Gerilme kuvveti uygulanan örneğin zayıflayan bölgesinde kopma meydana gelir. Kopmadan önce uygulanan maksimum kuvvet gıda maddesinin gerilme kuvveti olarak ifade edilir. Gerilme testi gıdalara sıklıkla uygulanan bir test türü değildir. Bunun nedeni duyusal değerlendirmeyle beraber düşünüldüğünde çiğneme hareketinin

gerilmeyi değil daha çok sıkıştırma işlevini yerine getirmesidir (Yu 2003). Bununla birlikte kesme ve bölme işlemleri sırasında gıda maddelerinin gerilmeye maruz kaldığı bildirilmektedir. Bu nedenle çeşitli gıda ürünlerinde bu test tekniğinin kullanım alanı mevcuttur. Bunlardan en önemlileri spagetti elastikiyeti ve hamur esnekliğidir.

- **Kırma ve Bükme:**

Kırılganlık bir gıdaya kırılması veya çatlaması için uygulanması gereken kuvvetle ifade edilir. Kırılganlığı ifade etmede kullanılan bir diğer parametre ise gıdanın kırılma mesafesidir. Ani kırılma özelliği gösteren gıda maddeleri karakteristik kuvvet- zaman grafiğinde görülen keskin pik kuvveti ve kırılmadan hemen sonra ani kuvvet düşüşü gözlenen gıda maddeleridir.

Bükülme ise sıkıştırma, gerilme ve bölme kuvvetlerinin bir kombinasyonudur. Kırılma gıda maddesinin dış yüzeyinde gerçekleştiği için kolaylıkla gözlenebilir.

- **Adezyon (Yapışma):**

Yapışkanlık testi bir prob vasıtasıyla örnek yüzeyine belirli bir süre kuvvet uygulandıktan sonra probu örnek yüzeyinden çekmek için gerekli kuvvetin ölçülmesi esasına dayanır.

Çalışmamızda analiz edilen pişmemiş spagetti örneklerinin kırılmaya karşı direnci bükülme prensibine, pişmiş spagetti örneklerinin sertliği kesme prensibine, yapışkanlığı adezyon prensibine, elastikiyeti ise gerilme prensibine dayalı olarak ölçülmüştür.

2.2.2.1 Pişmemiş Makarnada Tekstürel Özelliklerin Belirlenmesi

Makarna yapımında kullanılan irmiğin gluten kuvveti ve kalitesi pişmemiş makarnanın kuvvetini belirlemede kullanılır. Makarna kuvveti, ürünün taşımada dayanma toleransının ve pişmeye karşı dayanıklılığının belirlenmesi amacıyla kırılma kuvveti testleri ile belirlenebilmektedir (Smewing 1997).

2.2.2.1.1. Spagetti Bükülme Testi

Makarna üretiminde en zor ve kritik aşama kurutmadır. Eğer makarna çok hızlı kurutulursa hamurdan suyun uzaklaşması sırasında makarna çatlayabilir veya kırılabilir. Bu durumun ortam bağıl nemi ve makarnanın bağıl nemi arasındaki farktan kaynaklandığı ifade edilmiştir. Çatlaklar kurutucuda olabileceği gibi makarna ambalajlanıp satışa çıkarıldıktan birkaç hafta sonra da olabilir (Hahn 1990). Üretim hatalarından kaynaklanan çatlaklar spagetti çubuklarının çok daha kolay kırılmasına ve bükülme testinde kırılma kuvvetinin normalden düşük çıkmasına neden olur (Smewing 1997). Bükülme testiyle belirlenen kırılma kuvveti kuru makarnanın paketleme ve dağıtım sırasında kırılmaya karşı hassasiyetini belirlemekte (Cole 1991), makarna yapımında kullanılan irmiğin özellikleri ve kurutma koşulları ile yakından ilişkili olması nedeniyle bir kalite kontrol kriteri olarak değerlendirilmektedir (Matsuo et al, 1982; D'Egidio et al, 1982; Donnelly 1991). Bunun yanı sıra makarnanın nem içeriği bükülme kuvvetini önemli ölçüde etkilemektedir (Cole, 1991).

Pişmemiş makarnanın mekanik kuvvetinin değerlendirilmesi amacıyla kullanılan bükülme testinde makarna çubuğuna sıkıştırma ve gerilme kuvveti uygulanmaktadır. Bu amaçla Binnington et al, (1939) Shortometer'ı geliştirmiştir. Winston (1960), sürekli artan bir kuvvetin pişmemiş spagetti çubuğuna uygulandığı ve çubuğun kırıldığı mesafenin esneklik indeksi olarak ifade edildiği Bükülme Kuvveti Ölçer (Bending Stress Tester) adı verilen bir cihaz geliştirmiştir. Earle and Rogers (1941), Holliger (1963), Evans et al, (1975),

Voisey and Wasik (1978) metodu geliştirerek Ottawa Tekstür Ölçüm Sisteminin bükülme testine adaptasyonuyla tek bir spagetti çubuğunu kırmak için gerekli maksimum kuvveti ölçmüşler ve kırılma noktasındaki gerilme kuvvetini (stress) pişmemiş spagettinin mekanik kuvveti olarak ifade etmişlerdir. Bu testte spagetti çubukları dikey olarak Tekstür Analyzer'ın bükülme donanımı yuvalarına yerleştirilir. Uygulanan baskı kuvvetine karşı spagetti çubuğunun bükülerek kırılma kuvveti (breaking strength) ve kırılma mesafesi (breaking distance) belirlenir. Kırılma kuvveti spagettinin zayıflığı, kırılma noktasındaki mesafe ise esnekliği hakkında bilgi verir (Smewing 1997).

2.2.2.1.2. Spagetti Kırılma Testi

Spagetti ve erişteninin kırılma kuvvetinin ölçülmesinde iki tanesi Texture Analyzer'ın alt tablasına, bir tanesi ise yük hücresine adapte edilmiş üç parçalı donanım kullanılmaktadır. Spagetti çubuğu Texture Analyzer cihazının alt tablasındaki donanım üzerine yerleştirilmektedir. Yük hücresine adapte edilmiş donanımın aşağı doğru hareketiyle örneğin merkezine bir kuvvet uygulanarak makarnanın kırıldığı andaki kuvvet ve kırılma mesafesi belirlenir. Örneğin kırılma kuvveti veya kırılma gerilimi, elde edilen kuvvet zaman grafiğinin maksimum kuvvet veya gerilim değeri olarak alınır. Kırılma mesafesi örneğin kırılganlığını (fracturability) ifade eder ve bir örneğin kırılmadan önce ne kadar deforme olabileceğini gösterir. Kırılma testi kullanılan farklı ingredientlerin kaliteye etkisini değerlendirmede kullanılabilir (Smewing 1997).

2.2.2.2. Pişmiş Makarnada Tekstürel Özelliklerin Belirlenmesi

Pişmiş makarnanın tekstürel özelliklerinin enstrümental ölçümünde uygulanan temel test prensipleri gerilme veya uzama, bölme veya kesme, sıkıştırma ve yapışmadır (Cole 1991).

2.2.2.2.1. Pişmiş Makarna Sertliği

Makarna ürünlerine uygulanan bölme testleri; gerilme, bölme ve sıkıştırma kuvveti içerdiği için kesme testleri olarak ifade edilmektedir (de Man 1976; Purslow 1987). Makarna ürünlerinin enstrümental olarak kesilmesi çiğnemenin ilk aşamalarında gıda üzerine uygulanan ısırma hareketini yerine getirmekte ve dişi anımsatan ince bir bıçak yardımıyla gerçekleştirilmektedir (Matsuo and Irvine 1969; Walsh 1971; Walsh and Gilles 1971). Matsuo and Irvine (1969), Winston (1960)'ın geliştirdiği Bükülme Kuvveti Ölçer'i (Bending Stress Tester) modifiye ederek pişmiş makarnaya ilk defa kesme testini uygulamışlardır. Grain Research Laboratory (GRL) Spagetti Tenderness Tester olarak bilinen cihaz, birim zamanda bıçağın örneğin içine penetrasyon derinliğini grafiksel olarak gösterir. Walsh (1971), Matsuo ve Irvine (1969)'un geliştirdiği GRL spaghetti tenderness tester yerine Instron Universal Testing Machine'ı adapte etmiştir.

Makarna pişme kalitesinin belirlenmesinde 1989 yılında önerilen AACC Metot (16-50) günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu test diğer enstrümental testler gibi makarna örneği üzerine uygulanan deformasyon kuvvetinin ölçülmesi esasına dayanır. 1 mm kalınlığında özel plastik bir bıçakla kesilen spagettilerin sertliği g.cm olarak ifade edilmiştir. Walsh (1971), spagetti sertlik ölçüsü olarak birim alan başına uygulanan maksimum kesme kuvvetini de kullanmış ve her iki testin sonuçlarının pişirme testleri ile elde edilen verilerle iyi korelasyon gösterdiği görülmüştür. Sertlik testi hammadde ve kullanılan işleme metotlarına göre makarna örneklerinin pişme toleranslarının belirlenmesinde kullanılmaktadır (Smewing 1997). Pişirme ve pişirme sonrası bekleme süresi sertliği büyük ölçüde etkilemektedir. Gonzalez et al, (2000) lazanyaların tekstürel özellikleri üzerine pişme süresi (9.5-11-15. dakikalar) ve pişirme sonrası bekleme süresinin (4-185 dakika) etkisini incelemiştir. Sertlik artan pişme ve bekleme süresiyle azalmıştır. Pişme süresindeki artış makarna tarafından suyun emilimini artırarak makarnanın orta bölgesine suyun migrasyonuna neden olur. Böylece örneğin kesmeye karşı direnci azalır

(Gonzalez et al, 2000). Pişme süresinin yanı sıra pişmiş makarna sertliğinin protein içeriğiyle çok yüksek oranda ilişkili olduğu bildirilmiştir (Dexter and Matsuo 1977; Grzybowski and Donnelly 1979).

2.2.2.2.2. Pişmiş Makarnanın Yüzey Yapışkanlığı

Pişmiş makarna kalitesinin değerlendirilmesinde diğer bir parametre yüzey yapışkanlığıdır. Bu parametre duyusal analizle kolaylıkla ayırt edilebilmektedir. Ancak duyusal değerlendirmenin zaman alıcı olması ve fazla miktarda örnek gerektirmesi alternatif bir enstrümental metot geliştirilmesini gerekli kılmıştır. Bu amaçla çeşitli araştırmacılar (Voisey et al, 1978; Dexter et al, 1983a; Guan and Seib 1994) yüzey yapışkanlığının daha az örnekle belirlendiği hızlı bir enstrümental metot üzerinde araştırmalar yapmıştır. Dexter et al, (1983a) pişmiş spagettinin yüzey yapışkanlığının ölçülmesi için 10 g örnek gerektiren enstrümental bir test metodu geliştirmiştir. Bu metotta 40×19 mm boyutlarında bir alüminyum plaka veya prob kullanılarak pişmiş makarnaya belirli bir sıkıştırma kuvveti uygulanır. Sıkıştırma kuvvetine ulaşıldıktan sonra makarna serbest kalana kadar plaka kaldırılır. Yapışkanlık, plakayı örnek yüzeyinden ayırmak için gerekli maksimum kuvvet (g) olarak tanımlanır (Smewing 1997). Kuvvet ne kadar fazlaysa, örnek o kadar yapışkandır. Plakayı örnek yüzeyinden ayırmak için gerekli iş (g.s) de yapışkanlık olarak ifade edilebilmektedir.

Yapışkanlık pişmiş makarnada absorblanmayan su miktarı, makarnayı süzme ve test arasında geçen süre, test alanının bağıl nemi gibi faktörlerden etkilenmektedir (Dexter et al, 1983b). Dexter et al, (1983b) yapışkanlığın ayrıca buğday sınıfı, yetişme koşulları, hammadde granulasyonu ve protein içeriğinden etkilendiğini ifade etmiştir. Grant et al, (1993) aşırı öğütmenin yapışkanlığı arttırdığını, monogliserit ilavesinin ve yüksek sıcaklıkta kurutmanın ise azalttığını ifade etmiştir. Dexter et al, (1983a) makarna yapışkanlığının protein içeriğinden çok fazla etkilenmediğini ortaya koymuştur. Ancak pişirme suyu sertliğindeki artış ($CaCO_3$ ilavesi) yapışkanlığı arttırmaktadır. Yapışkanlığın

birçok faktöre bağlı olarak değişmesi ve enstrümental test metotlarıyla belirlenmesindeki zorluk nedeniyle araştırmacılar tarafından diğer tekstürel kalite parametrelerine oranla daha az ilgi çekmiştir (Dexter et al, 1983b).

Pişmiş spagettide yüzey yapışkanlığını etkileyen faktörler şöyledir:

Örnek yüzeyinde bulunan suyun miktarı: Pişirme sonrası süzüldükten hemen sonra test edilen örnekler, yüzeyde bulunan suya bağlı olarak çok az yapışkanlık değeri verirler veya hiç yapışkanlık değeri vermezler (Smewing 1997). Yapışkanlığın enstrümental ölçümü örnek yüzeyindeki su ve pişirme sonrası beklemeye karşı spagetti çubuklarının değişen özellikleri nedeniyle oldukça karmaşıktır. Spagetti çubuklarının test öncesinde bekletilmesi sırasında örneklerin altında biriken su yapışkanlıkta azalmaya neden olur (Guan and Seib 1994).

Pişmiş makarnanın zamanla değişen özellikleri: Makarna tekstürü genel olarak pişirme sonrasında kısa bir süre içinde değerlendirilmektedir. Yapışkanlık testinin kesinliği süzme ve ölçüm arasında geçen zaman arttıkça azalmaktadır. Bu nedenle yapışkanlık ölçümleri için önerilen ideal zaman örneğin süzülmesinden 10 dakika sonradır (Dexter et al, 1983a).

Guan and Seib (1994), pişirme ile test etme arasında geçen sürenin, pişirme suyunun özelliğinin ve buğday çeşidinin spagetti ve eriştelerin yapışkanlığı üzerine etkisi incelemiştir. Pişirme ile test etme arasında geçen zamanın etkisine bakıldığında artan zamanla yapışkanlığın önce arttığı sonra azaldığı ifade edilmiştir. Makarna örneğinin süzülmesi ve test edilmesi arasındaki zaman 20 dakikaya kadar arttıkça yüzey yapışkanlığının arttığı bildirilmiştir. Bunun nedeni spagettinin yüzeyinden suyun uzaklaşmasına bağlı olarak kayganlığın yok olması ve yüzeyin daha yapışkan hale gelmesidir. Süzme ve test etme arasında geçen zamanın 20 dakikayı aşması durumunda ise spagetti yüzeyinin fazla kurumasına bağlı olarak yapışkanlık azalmaktadır (Dexter et al, 1983a).

Yun et al. (1997) pişmiş eriştelerin tekstürünün pişirmeden 12 dakika sonrasına kadar stabil olduğunu ortaya koymuştur.

Ölçüm öncesinde örneğin konumu: Plaka ve örnek arasındaki yapışkanlık kuvvetini ölçerken ölçümün doğru olabilmesi ve plakayla beraber yerinden oynamaması için örneğin donanımın alt tabanına sıkıca tutunmuş olması gerekir (Guan and Seib 1994).

Sıkıştırma Kuvveti: Voisey et al, (1978), Dexter et al, (1983a) yapışkanlığın oldukça geniş bir aralıkta uygulanan sıkıştırma kuvvetinden bağımsız olduğunu göstermişlerdir. Ancak düşük sıkıştırma kuvveti, spagetti ve plaka arasındaki zayıf temastan dolayı düşük, çok yüksek sıkıştırma kuvveti ise spagettilerin fazla deforme olmasından dolayı yüksek yapışkanlık değerleri verir.

2.2.2.2.3. Pişmiş Makarnanın Elastikiyeti

Pişmiş spagetti ve eriştede elastikiyet ve kopma kuvvetini değerlendirmek için gerilme testleri kullanılır. Bu özellikler hammaddede bulunan gluten miktar ve kalitesi ile ilişkilidir. Bu nedenle örneğin taşımaya karşı toleransı ve pişmeye karşı dayanıklılığının belirlenmesi amacıyla kullanılan diğer bir test tekniğidir (Smewing 1997).

Gerilme testinde donanımı oluşturan silindirlerden biri yük hücresine diğeri Texture Analyzer'ın alt tablasına yerleştirilmektedir. Pişmiş spagetti iki ucundan silindirlere iki üç kez sarılarak donanıma sabitlenir. Test sırasında cihazın tabanına bağlı silindir sabit, yük hücresine bağlı silindir yukarı doğru hareket ederek gerilme kuvvetine maruz kalan örnekte kopma meydana gelir. Elde edilen maksimum gerilme kuvveti (g) örneğin kopmaya karşı direncini ifade etmektedir (Smewing 1997).

Gerilme testi metotları pişmiş makarnanın mekanik özelliklerinin ölçülmesi amacıyla çeşitli araştırmacılarca kullanılmıştır (Glabe et al, 1957; Holliger 1963; Voisey and Larmond 1973). Ancak gerilme testinin uygulanmasındaki başarı, testin kısa şekilli makarnalara uygulanamaması, örneğin silindirlere sarılmasındaki zorluk ve donanımlara yakın bir bölgede kopma eğilimi göstermesine bağlı olarak sınırlıdır (Voisey and Larmond 1973). Ross and Crosbie (1997), mevcut enstrümental tekniklerin örneğin yeterli derecede deformasyonunu sağlayamadıkları için ağızda hissedilen elastikiyeti ölçmede yetersiz kaldığını bildirmiştir.

2.2.3. MAKARNA KALİTESİNİN TEKNOLOJİK YÖNTEMLERLE BELİRLENMESİ

Spagetti makarnanın yüzey yapışkanlığını belirlemede enstrümental metotlara ek olarak D'Egidio et al, (1982) tarafından kimyasal bir metot ileri sürülmüştür. Pişmiş spagetti çubukları süzülüp kendi haline bırakıldıktan sonra suda durulanarak 12 dakika boyunca 3 kez karıştırılmış, spagetti çubukları çıkarıldıktan sonra çalkalama suyundaki toplam organik madde miktarı (TOM) kuvvetli asitte kromat oksidasyonuyla belirlenmiştir.

TOM testi pişmiş makarnanın yüzeyinden su ile durulanabilen maddelerin kimyasal olarak belirlenmesine dayanmaktadır (D'Egidio and Nardi 1996). Yıkama suyu pişmiş makarnanın yüzeyine yapışan ve yapışkanlığa neden olan maddeleri uzaklaştırır. Makarna pişme kalitesinin duyusal olarak değerlendirilmesine alternatif bir metot olarak geliştirilen TOM miktarı duyusal değerlendirmeyle ve yapışkanlıkla çok iyi korelasyon vermiştir (D'Egidio et al, 1982).

D'Egidio et al, (1982) spagetti pişme kalitesinin pratik olarak değerlendirilebilmesi için TOM değerlerine dayalı bir sınıflandırma önermiştir (Çizelge 2.2.).

Çizelge 2.2. Makarna örneklerinin TOM içeriği ve pişme kalitesi arasındaki ilişki

TOM değeri (g nişasta /100 g)	Pişme Kalitesi
>2.1	Düşük
2.1-1. 4	İyi
<1.4	Çok iyi

Makarna yüzeyindeki madde miktarı arttıkça TOM değeri de artmaktadır. Sonuçlar, g nişasta/100 g makarna olarak ifade edilir. Nişasta, yıkama suyunda asılı halde bulunan ana bileşendir (D'Egidio and Nardi, 1996). D'Egidio et al, (1983) yıkama suyundaki toplam organik maddeleri analiz etmiş ve bileşeninin amilopektince zengin nişasta olduğunu belirtmiştir. Pişmiş makarna yüzeyindeki yüksek oranda amilopektin içeriği, duyusal değerlendirme sonucu yapışkanlık ve TOM değerleri arasında görülen korelasyonu açıklamaktadır (D'Egidio and Nardi 1996). Çünkü makarnanın yüzey özellikleri ve makarnadaki nişastanın durumunun yapışkanlığın oluşumunda etkili olduğu bildirilmektedir (Sözer and Kaya 2003).

TOM testi pişirme suyunun sertliğine oldukça duyarlıdır, bu nedenle pişirme sırasında sertliği standardize edilmiş su kullanılması oldukça önemlidir (D'Egidio and Nardi 1996). TOM testinin toplam makarna kalitesini ve yapışkanlığı temsil etmedeki uygunluğu kullanılan kurutma sistemine bağlıdır. Yapışkanlığın duyusal değerlendirme üzerinde etkili olduğu düşük kurutma sıcaklıklarda TOM, toplam makarna kalitesini değerlendirmede çok iyi bir yöntemdir. Yapışkanlığın duyusal değerlendirme üzerine öneminin azaldığı yüksek kurutma sıcaklıklarında TOM testi yapışkanlığı değerlendirmede iyi bir yöntem olmasına rağmen sonuçların toplam makarna kalitesini temsil etmesi için bir sertlik ölçümü ile desteklenmesi gerekmektedir (D'Egidio et al, 1993).

Makarna pişme kalitesini değerlendirmede kullanılan bir diğer teknolojik özellik pişme kaybı (pişirme suyuna geçen madde miktarı)'dır. Bu parametre pişirme sırasında spagettilerin dağılmasıyla ilgili olup spagettinin toplam pişme kalitesinin bir göstergesi olarak kabul edilir (D'Egidio and Nardi 1996). Pişme kaybı buharlaştırma veya dondurarak kurutma sonrası pişirme suyunun kalıntısı tartılarak belirlenebilir. Son zamanlarda pişirme suyundaki iyot-amiloz kompleksinin adsorbsiyonunu ölçen kolorimetrik bir metot öne sürülmüştür (Matsuo et al, 1992). Dexter et al, (1985) pişme kaybı ile yapışkanlık arasında korelasyon olduğunu bildirmiştir. Pişme kaybının yüksek olması, yüksek nişasta çözünürlüğünün ve düşük pişme toleransının göstergesi olduğu için istenmez (Sözer ve Kaya 2002).

Makarna pişme kalitesinin ve toleransının belirlenmesinde TOM miktarı ve pişme kaybının yanı sıra kullanılan diğer parametreler makarna pişme ağırlığı ve makarna pişme hacmidir. Cubadda (1988) iyi bir makarnanın pişirildiği zaman gerçek hacminin iki katı kadar şişmesi, şekil ve sıkılığını muhafaza etmesi gerektiğini bildirmiştir.

Bu çalışmada pişmemiş ve pişmiş spagetti makarna kalitesi kimyasal, teknolojik ve tekstürel metotlarla belirlenmiş, tüketici tercihi açısından önem taşıyan tekstürel özelliklerin diğer test teknikleriyle korelasyonları saptanmış, böylece makarna kalitesini belirlemede tekstürel yöntemlerin zaman alıcı ve maliyeti yüksek kimyasal ve teknolojik yöntemlere alternatif olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Son yıllarda makarnaların tekstürel ve duyusal özellikleri üzerine yapılan araştırmalar da yoğunluk kazanmış, makarna pişme kalitesinin değerlendirilmesinde kimyasal ve enstrümental testlerin kullanılmasıyla duyusal analize olan bağımlılığın minimize edilmesi konusunda önemli sayıda araştırma gerçekleştirilmiştir (Oh et al, 1983; Rho et al, 1988; D'Egidio et al, 1990; D'Egidio et al, 1993; Guan and Seib 1994; Edwards et al, 1995; Hou et al, 1996; Kruk et al, 1996; Yun et al, 1997; Kovacs et al, 1997; Ross and Crosbie 1997; Clark et al, 1997; Tang et al, 1999; Marconi et al, 1999; Ross et al, 1999;

Gonzalez et al, 2000; Güler et al, 2002; Manthey and Shorno 2002; Sözer and Kaya 2003; Zweifel et al, 2003;Grant et al, 2004).

3. MATERYAL VE METOT

3.1. MATERYAL

Araştırmada üç farklı spagetti örneği kullanılmıştır. 60˚C'da kurutulan spagetti örnekleri Pastavilla A.Ş'den ve Piyale A. Ş'den 5'er kg olarak temin edilmiştir. Analizler her bir örneğin dört replikasyonu üzerinde yapılmıştır.

3.2. METOT

3.2.1. Makarna Örneklerinin Hazırlanması

Spagetti örnekleri yaklaşık 5 cm uzunluğunda kesilerek laboratuar değirmeninde öğütülerek un haline getirildikten sonra ağzı kapalı hava almayan kaplara doldurularak kimyasal analizler için hazır hale getirilmiştir.

3.2.2. Kimyasal Analizler

Un haline getirilen makarna örneklerinde nem ICC No: 110/1, kül ICC No: 104'e, protein ICC No: 105/1'e (Anon, 1982), pigment miktarı AACC Metot 14-50'ye göre belirlenmiştir (Anon, 1995).

3.2.3. Teknolojik analizler

Makarna örneklerinin rengi Hunter CR 310 Colorimeter (Osaka, JAPAN) kullanılarak belirlenmiş (Walsh 1970), spagetti çubukları bir tabla üzerine kalın bir sıra halinde sabitlenerek farklı bölgelerden 5 ölçüm alınmış, 100-L (kahverengilik değeri), b (sarılık değeri) belirlenmiştir.

Makarna pişirme denemelerinin gerçekleştirilmesi amacıyla makarnaların optimum pişme süresi AACC Metot 16-50'ye göre belirlenmiştir (Anon, 1995).

25 g ağırlığında, 5 cm uzunluğunda kesilen makarnalar 300 ml kaynar deionize suda pişirilmiş, 30 sn aralıklarla iki cam plaka arasında sıkıştırılarak ortalarındaki beyaz hattın tamamen kaybolduğu süre optimum pişme süresi olarak belirlenmiştir.

Makarnalarda ağırlık artışı 25 g ağırlığında, 5 cm uzunluğunda kesilen makarnaların optimum pişme süresinde pişirilip Buhner hunisinden süzüldükten sonra tartılması ile % olarak, hacim artışı ise aynı şekilde hazırlanan çiğ ve pişmiş makarnaların, içerisinde 150 ml su bulunan mezürde hacim artışlarının ölçülmesiyle belirlenmiştir. Pişmiş makarnaların hacminden çiğ makarnaların hacminin çıkartılmasıyla hacim artışı % olarak ifade edilmiştir.

Makarnalarda pişme kaybı AACC Metot 16-50'ye göre belirlenmiştir (Anon, 1995). 25 g, 5 cm uzunluğunda kesilen makarnaların optimum pişme süresinde pişirilip Buhner hunisinden süzüldükten ve metoda göre hazırlanan 50 ml suyla yıkandıktan sonra elde edilen makarna pişirme ve yıkama suyu etüvde 100 ± 1˚C'de suyu tamamen uçurulmuş, ağırlık artışı 4 ile çarpılarak yüzde pişme kaybı belirlenmiştir.

Toplam organik madde miktarı D'Egidio et al. (1982)'ye göre belirlenmiştir. Bu metoda göre 1000 ml kaynar su içerisine 4 cm uzunluğunda kırılan spagetti makarna örneğinden 100 g ilave edilmiştir. Üzerine saat camı kapatılarak ve cam bagetle zaman zaman karıştırarak 13 dakika pişirilmiştir. Pişen makarnalar Buhner hunisinden süzülerek 10 dakika kendi haline bırakılmıştır. Sürenin sonunda süzüntü dökülerek makarna içerisinde 500 ml deionize su bulunan bir behere alınmıştır. Her 4 dakikada bir karıştırılarak 12 dakika yıkanmış ve başka bir behere süzülmüştür. Süzüntü iyice karıştırıldıktan sonra 600 ml'lik bir erlene 5 ml alınmış ve 80 ˚C'de suyu tamamen uçurulmuştur. Üzerine 10 ml 1 N $K_2Cr_2O_7$ çözeltisinden ilave edilmiş ve erlenin tabanı iyice ıslatılmıştır. Çeker ocak altında 20 ml derişik H_2SO_4 ilave edilmiş ve 1 dakika karıştırılarak 30 dakika kendi haline bırakılmıştır. Süre sonunda 200 ml deionize su ilave

edilmiştir. Difenilamin indikatörü eşliğinde 0.5 N $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$ çözeltisi ile renk menekşeden yeşile dönünceye kadar titre edilmiştir. Daha sonra örnek konulmaksızın bir de kör deneme yapılmıştır. 100 g makarnadaki g cinsinden nişasta miktarı aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

TOM = (B-S)* (20/B)*3.75*100*0.9*1.0283*1000
B = Kör denemede harcanan 0.5 N $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$ çözeltisi sarfiyatı (ml)
S = Örnekte harcanan 0.5 N $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$ çözeltisi sarfiyatı (ml)
20 = 10 ml 1 N $K_2Cr_2O_7$ çözeltisine karşılık gelen $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$ çözeltisi miktarı (ml)
3.75 = 1 ml 0.5 N $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$ çözeltisine karşılık gelen glikozun miktarı (mg)
100 = Seyreltme faktörü
0.9 = Glikozu nişastaya çevirme faktörü
1.0283 = Nişastanın oksitlenmeyen miktarı için düzeltme faktörü
1000 = miligramı grama çevirme faktörü

3.2.4. Tekstürel Analizler

Makarna örneklerinde tekstürel analizler TA-XT Plus Texture Analyzer (Stable Micro Systems, England) kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.4.1. Pişmemiş Makarnada Yapılan Tekstürel Analizler

Bükülme testi: A/SFR Flexure Rig donanımı kullanılarak 20 cm uzunluğunda kesilen spagetti örneklerine uygulanmıştır. Spagetti çubukları Texture Analyzer'ın yük hücresi ve alt tablası arasında, donanımın özel yuvalarına yerleştirilerek üst başlığın aşağı doğru hareketiyle spagettilerin kırılması için gerekli kuvvet (g), ve kırılma mesafesi (mm) belirlenmiştir. Test sırasında 5 kg'lık yük hücresi kullanılmış, başlığın test öncesi hızı 0.5 mm/sn, test hızı 2.5 mm/sn ve test sonrası hızı 10 mm/sn olarak ayarlanmıştır. Spagetti örneklerinin

bükülme testi donanımı Şekil E.5'da, bükülme testine ait tipik grafik ise Şekil E.1'de gösterilmektedir.

3.2.4.2. Pişmiş Makarnada Yapılan Tekstürel Analizler

Pişmiş spagetti örneklerinin sertliği: AACC Metot 16-50 modifiye edilerek Edwards et al, (1993)'e göre belirlenmiştir. Test sırasında A/LKB-F Cooked Pasta Quality Firmness Rig donanımı kullanılarak 1 mm kalınlığında özel plastik bir bıçakla kesilen 2 spagetti parçasının sertliği g.cm olarak belirlenmiştir. Sonuç ikiye bölünerek, AACC Metot 16-50'ye göre bir spagetti çubuğunu bölmek için gerekli iş olarak tanımlanan sertlik ifade edilmiştir. Texture Analyzer'ın yük hücresine monte edilen bıçak spagettilerin konduğu alt tablaya 0.5 mm mesafe kalana kadar kesme işlemini gerçekleştirmektedir. 5 kg'lık yük hücresi kullanılmış, başlığın test hızı 0.17 mm/sn ve test sonrası hızı 10 mm/sn olarak ayarlanmıştır. Spagetti örneklerinin sertlik testi donanımı Şekil E.6'da, sertlik testine ait tipik grafik Şekil E.2'de gösterilmiştir.

Pişmiş spagetti örneklerinin yapışkanlığı: Dexter et al, (1983a)'ya göre belirlenmiştir. 10 cm uzunluğunda kesilen 10 g spagetti deionize su kullanılarak optimum pişme süresine kadar pişirilmiş, Buhner hunisinden bir dakika süreyle süzülerek yan yana tepsiye dizilmiş, üstü alüminyum folyoyla örtülerek pişirildikten 8 dakika sonra teste başlanmıştır. Test sırasında HDP/PFS Pasta Firmness/Stickiness Rig donanımı (Şekil E.7) kullanılarak 5 adet spagetti çubuğu Texture Analyzer'ın alt tablasına yerleştirilmiş, 0.5 mm/sn hızla hareket eden dikdörtgen plaka örneğe 2 sn süreyle 1000 g kuvvet uygulayarak plakayı örnek yüzeyinden ayırmak için gerekli maksimum kuvvet (g) yapışkanlık olarak kaydedilmiştir. Pişmiş spagettinin yapışkanlığına ait tipik grafik Şekil E.3'te gösterilmektedir.

Pişmiş spagetti örneklerinin elastikiyeti: Ingelbrecht et al, (2001)'e göre belirlenmiştir. 20 cm uzunluğunda kesilen 15 g makarna 1.5 L kaynar deionize

suda optimum pişme süresine kadar pişirilmiş, Buhner hunisinden 1 dakika süreyle süzülerek yan yana tepsiye dizilmiş, üstü alüminyum folyoyla örtülerek pişirildikten 5 dakika sonra test edilmiştir. Test sırasında A/SPR Spaghetti/Noodle Tensile Grips donanımı (Şekil E.8) kullanılarak spagettiler aralarında 0.5 mm mesafe bulunan iki çekme başlığı arasına sarılmış, üst başlığın yukarı doğru hareketiyle (3 mm/sn) kopma kuvveti (g) elastikiyetin ölçüsü olarak ifade edilmiştir. Pişmiş spagetti örneklerinin tipik elastikiyet grafiği Şekil E.4'te gösterilmiştir.

3.2.5. İstatistiksel Analiz

Araştırmada elde edilen sonuçların istatistiksel değerlendirmesi Statistical Analysis System (SAS 1999) kullanılarak yapılmıştır. PROC GLM prosedürü kullanılarak ortalamalar değerlendirilmiş ve örnekler arasındaki farklılığın önemli olup olmadığı LSD testi uygulanarak saptanmıştır. Makarna örneklerinin belirlenen özellikleri arasındaki korelasyonlar PROC CORR kullanılarak saptanmıştır (SAS 1999).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Makarna Örneklerinin Kimyasal Özellikleri

Araştırmada ele alınan makarna örneklerinin kimyasal özellikleri Çizelge 4.1.'de, örneklere göre kimyasal özelliklerin değişimi Çizelge E.1-2-3-4'de gösterilmektedir. Örneklerin rutubet içerikleri %9.43- 10.47 arasında değişmiştir. A örneğinin %10.47 ile en yüksek rutubet içeriğine sahip olduğu gözlenirken, B ve C örnekleri istatistiksel açıdan farklı bulunmamıştır (*p>0.05)*. Türk Gıda Kodeksi Makarna Tebliğine göre makarnanın rutubeti en çok %13 olmalıdır. Örneklerin rutubet içeriğinin kritik düzeyinin altında olduğu saptanmıştır.

A, B ve C örneklerinin kül içerikleri sırasıyla %0.66, %0.74 ve % 0.88'dir. Tüm örnekler istatistiksel açıdan birbirinden farklıdır (*p<0.05)*. Örneklerin hiçbirinin Makarna Tebliğinde ifade edilen kuru maddede en çok %1 sınırını aşmadığı gözlenmiştir.

Makarna örneklerinin protein içeriği %10.20- 11.05 arasında değişmekte olup tüm örnekler istatistiksel açıdan birbirinden farklıdır (*p<0.05)*. A ve B örneklerinin protein içeriğinin (%10.20 ve %10.48) Makarna Tebliğinde belirtilen kuru maddede en az %10.50 sınırının altında kaldığı belirlenmiştir. C örneğinin ise %11.05 protein içeriğiyle Kodekse uygun olduğu belirlenmiştir.

Makarna örneklerinin pigment içeriklerine bakıldığında C örneğinin 3.16 ppm (kuru maddede) ile en yüksek pigment içeriğine sahip olduğu gözlenmiştir. A (2.61 ppm) ve B (2.60 ppm) örnekleri ise istatistiksel açıdan birbirinden farklı değildir *(p>0.05)*

Çizelge 4.1. Makarna örneklerinin kimyasal özellikleri

Örnek	rutubet (%)	kül (%)	protein (%)	pigment (ppm)
A	10.47 ±0.38	0.66 ±0.017	10.20 ±0.16	2.61 ±0.06
B	9.43 ±0.10	0.74 ±0.008	10.48 ±0.076	2.60 ±0.098
C	9.73 ±0.21	0.88 ±0.01	11.05 ±0.03	3.16 ±0.11
LSD	0.41	0.02	0.16	0.15

4.2. Makarna Örneklerinin Teknolojik Özellikleri

Spagetti örneklerinin teknolojik özellikleri Çizelge 4.2.'de, örneklere göre teknolojik özelliklerin değişimi Çizelge E.5-6-7-8-9-10'da belirtilmiştir. A, B ve C örneklerinin kahverengilik (100-L) değerleri sırasıyla 41.66, 44.98 ve 45.40 bulunmuştur. Tüm örneklerin istatistiksel açıdan birbirinden farklı olduğu *(p>0.05)* ve A örneğinin kahverengilik değeri en düşük, dolayısıyla parlaklık (L) değeri en yüksek makarna olduğu saptanmıştır. A, B ve C örneklerinin sarılık değerlerinin (b) sırasıyla 29.21, 29.95 ve 30.86 olduğu gözlenmiştir. Örneklerin tümü istatistiksel açıdan birbirinden farklı bulunmuştur *(p<0.05)*. C örneğinin kahverengilik ve sarılık değerlerinin diğer örneklere göre yüksek olduğu görülmektedir. Bunun nedeni örneğin aynı zamanda kül ve protein içeriğinin de yüksek oluşudur. Nitekim Cubadda (1988) irmikteki külün artmasına bağlı olarak makarnanın renk tahribatının arttığını bildirmiştir. Marconi et al, (1999) durum buğdayından elde edilen makarnaların L değerinin 83.3, b değerinin ise 26.2 olduğunu bildirmiştir. Ingelbrecht et al, (2001) pişmemiş spagettilerin kahverengilik (100-L) değerinin 40.6- 40.9, sarılık değerinin ise 33.3- 37.5 arasında değiştiğini ifade etmiştir. Manthey and Shorno (2002), durum irmiğinden elde edilen spagetti örneklerinin L değerlerinin 57.2- 57.4 dolayısıyla 100-L değerlerinin 42.6-42.8 arasında, b değerlerinin ise 28.0- 28.5 arasında değiştiğini ifade etmiştir.

Pişmiş makarnada ağırlık artışı %160.93-170.12 arasında değişmiştir. En fazla ağırlık artışı B örneğinde gözlenmiştir. Edwards et al, (1993) optimum pişme süresinde pişirilen spagettilerin ağırlık artışlarının %261-280 arasında değiştiğini

ifade etmiştir. Grant et al, (2004) spagetti pişme ağırlıklarının %284- 305 arasında değiştiğini bildirmiştir. Çalışmada elde edilen ağırlık artışı değerlerinin referanslara oranla daha düşük olduğu gözlenmiştir.

Pişmiş makarna örneklerinde hacim artışı %224.58- 235.45 arasında değişmiştir. Örnekler arasında istatistiksel açıdan farklılık gözlenmezken *(p>0.05)* hacim artışı en yüksek makarna %235.45 ile B örneği olmuştur. Cubadda (1988), iyi bir makarnanın pişirildiği zaman hacminin iki katı kadar şişmesi ve şeklini koruması gerektiğini ifade etmiştir. Örneklerin hepsinde hacim artışı %200'ün üzerindedir.

A, B ve C örneklerinde pişme kaybı sırasıyla %6.80, %6.75 ve %6.51 bulunmuştur. Pişme kaybı <6 = iyi; 6-8 = orta; >10 = zayıf makarna kalitesini ifade etmektedir (Hummel 1966). Bu değerlendirmeye göre çalışmada kullanılan makarna örneklerinin kalitesinin orta düzeyde olduğu saptanmıştır. Türk Gıda Kodeksi Makarna Tebliğinde pişme kaybının kuru maddede en çok %10 olması gerektiği belirtilmektedir. Bunun yanı sıra Dick and Youngs (1988), iyi bir makarna kalitesi için pişme kaybının %8'den düşük olması gerektiğini bildirmiştir. Edwards et al, (1993) optimum pişirme süresinde pişirilen spagettilerin pişme kayıplarının %5.2- 6.9 arasında değiştiğini bildirmiştir. Dexter et al, (1991) ise optimum pişme süresinde pişirilen spagetti örneklerinin pişme kayıplarının %5.2- 8.6 arasında değiştiğini bildirmiştir. Grant et al, (2004), spagetti örneklerinin pişme kayıplarının %5.1- 5.4 arasında değiştiğini ifade etmiştir. Malcolmson et al, (1993), optimum pişme süresinde pişirilen durum spagettilerinin pişme kayıplarının %5.5- 6.4 arasında değiştiğini bildirmiştir. Brennan et al, (2004) inulin ilavesinin spagettilerin tekstürel özellikleri üzerine etkisini incelemiş, kontrol örneklerde pişme kaybının %7.93 olduğunu saptamıştır.

A, B ve C örneklerinin TOM miktarı (g nişasta / 100 g makarna) sırasıyla 1.83, 1.84 ve 1.66 olarak saptanmıştır. A ve B örneği arasında istatistiksel açıdan fark

gözlenmemiş, protein oranı en yüksek olan C örneğinin ise TOM içeriğinin en düşük olduğu belirlenmiştir. Toplam organik madde miktarı <1.4 = iyi; 1.4-2.1 = orta; >2.1 = zayıf makarna kalitesini ifade etmektedir (D'Egidio et al, 1982). Bu değerlendirmeye göre makarna örneklerinin kalitesinin orta düzeyde olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde, D'Egidio et al, (1990) 80˚C'da kurutulan ve protein içeriği %11- 15 arasında değişen spagetti örneklerinin TOM içeriklerinin 1.45- 1.19 g nişasta / 100 g makarna arasında değiştiğini ve artan protein oranıyla azaldığını bildirmiştir. Marconi et al, (1999), 5 farklı buğday çeşidinin teknolojik ve tekstürel özelliklerini durum buğdayı ile karşılaştırarak makarna yapımında kullanılabilirliklerini araştırmıştır. Durum buğdayından elde edilen spagettinin TOM içeriği %1.2 olarak bulunmuştur. D'Egidio et al, (1993), 50 ve 90˚C'larda kurutulan spagetti örneklerinin TOM içerikleri ve tekstürel özelliklerindeki değişimi incelemiş ve TOM içeriğinin 50˚C'da %2.13, 90˚C'da ise %1.30 olduğunu bildirmiştir. Marconi et al. (2000) durum buğdayından elde edilen makarnanın TOM içeriğinin %1.1 olduğunu ifade etmiştir.

Çizelge 4.2. Makarna örneklerinin teknolojik özellikleri

Örnek	makarna rengi					
	100-L	B	mpa (%)	mph (%)	pk (%)	tom (%)
A	41.66±0.176	29.21±0.165	160.93±2.0	224.58±12.8	6.80±0.25	1.83±0.014
B	44.98 ±0.01	29.95 ±0.01	170.12±2.4	235.45±12.1	6.75±0.07	1.84±0.008
C	45.40 ±0.10	30.86 ±0.26	165.12±5.2	233.65±14.8	6.51±0.05	1.66±0.005
LSD	0.20	0.29	5.70	21.32	0.24	0.016

100-L: kahverengilik, b: sarılık, mpa: makarna pişme ağırlığı, mph: makarna pişme hacmi, pk: pişme kaybı, tom: toplam organik madde

4.3. Makarna Örneklerinin Tekstürel Özellikleri

Spagetti örneklerinin tekstürel özellikleri Çizelge 4.3.'te, örneklere göre tekstürel özelliklerin değişimi Çizelge E.11-12-13-14-15'te belirtilmiştir. Pişmemiş makarnaların kırılma kuvveti (g) A, B ve C örneklerinde sırasıyla 46.36, 48.88 ve 43.72 olarak ölçülmüştür. Örneklerin tümü istatistiksel açıdan birbirinden farklı bulunmuştur *(p<0.05)*. Pişmemiş makarnaların dayanıklılığının diğer bir

ölçüsü kırılma mesafesidir. Kırılma mesafesi (mm) A, B ve C örneklerinde sırasıyla 15.65, 23.14 ve 17.70 olarak ölçülmüştür. Örneklerin kırılma kuvvetleri istatistiksel açıdan birbirinden farklıdır *(p<0.05)*. B örneğinin kırılma kuvveti ve mesafesi en fazla, kırılmalara karşı en dayanıklı örnek olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.3. Makarna örneklerinin tekstürel özellikleri

Örnek	Pişmemiş Makarna		Pişmiş Makarna		
	k. kuv. (g)	k.mes.(mm)	Sertlik(g.cm)	yapışkanlık(g)	elastikiyet (g)
A	46.36 ±1.33	15.65 ±0.39	7.28 ±0.06	105.76 ±2.83	26.83 ±1.15
B	48.88 ±0.40	23.14 ±0.66	7.30 ±0.14	94.98 ±0.53	27.33 ±0.68
C	43.72 ±0.73	17.70 ±0.45	6.96 ±0.17	82.64 ±2.61	27.70 ±0.32
LSD	1.45	0.82	0.21	3.59	0.75

k.kuv: kırılma kuvveti, k.mes: kırılma mesafesi

Pişmiş spagetti örnekleri A, B ve C'nin sertlik (g.cm) değerleri sırasıyla 7.28, 7.30 ve 6.96 olarak ölçülmüştür. A ve B örnekleri arasında istatistiksel olarak fark gözlenmemiş, C örneği ise en yüksek protein içeriğine sahip olmasına rağmen en düşük sertlik değeri bu örnekte gözlenmiştir. Bu durumun nedeni C örneğinin protein içeriğinin yanı sıra kül içeriğinin de yüksek olması ve kül içeriğindeki artışın pişmiş makarna sertliğini olumsuz etkilemesi olduğu sanılmaktadır. California Wheat Commission, sertlik değeri 6.0 g.cm'den fazla olan örneklerin iyi, 5.0-5.9 g.cm arasının orta, 5.0 g.cm altının ise zayıf kalitede olduğunu bildirmiştir. Bu değerlendirmeye göre spagetti örneklerinin sertliklerinin iyi olduğu saptanmıştır. Debbouz et al, (1995), Minnesota, Montana, Kuzey ve Güney Dakota bölgelerindeki durum buğdayı, irmiği ve makarnasının kalitesini incelemiş, pişmiş makarna sertliğinin 5.4- 7.0 g.cm arasında değiştiğini saptamıştır. Manthey and Shorno (2002), durum irmiğinden elde edilen spagettilerin sertliklerinin 7.8- 8.3 g.cm arasında değiştiğini bildirmiştir.

Makarna örneklerinin yapışkanlıkları (g) incelendiğinde A, B ve C makarnalarının sırasıyla 105.86, 94.98 ve 82.64 yapışkanlık değeri verdiği gözlenmiştir. Tüm örnekler istatistiksel açıdan birbirinden farklı olup C örneği en

düşük yapışkanlığa sahiptir. Benzer şekilde, Guan and Seib (1994) destile su kullanılarak pişirilen erişte örneklerinin yapışkanlıklarının 53- 59.6 g arasında değiştiğini ifade etmiştir.

Çalışmada kullanılan makarnaların elastikiyetleri (g) 26.83- 27.70 arasında değişmiştir. Örneklerin elastikiyet sonuçları birbirine çok yakın bulunmuş, örnekler arasında istatistiksel açıdan bir fark gözlenmemiştir *(p>0.05)*. Ingelbrecht et al, (2001), arabinoksilan ve endoksilan ilavesinin pişmiş spagettilerin elastikiyeti üzerine etkisini araştırmıştır. Kontrol spagetti örneğinin elastikiyeti 26.7 g bulunmuştur. Yapılan çalışmalarda elastikiyetin daha çok makarna kurutma sıcaklıklarından etkilendiği ifade edilmiştir (Malcolmson et al, 1993; Del Nobile et al, 2005). Örnekler arasında farklılık bulunmamasının nedeni olarak elastikiyet testinin uygulanmasındaki zorluk gösterilebilir.

4.4 Makarna Örneklerinin Kalite Özellikleri Arasındaki Korelasyonlar

Spagetti örneklerinin kimyasal özellikleriyle tekstürel özellikleri arasındaki ilişkiler Çizelge 4.4.'te verilmiştir. Pişmemiş makarna örneklerinin kırılma kuvveti, kül miktarının artmasıyla azalmıştır *(r = -0.61)*. Benzer şekilde makarnaların protein içeriği ve kırılma kuvveti arasında negatif korelasyona rastlanmıştır *(r = -0.62)*. Çünkü protein oranı yükseldikçe makarnalarda kül miktarı da yükselmekte, bu durum pişmemiş makarnanın dayanıklılığını azaltmaktadır.

Kül miktarının artışına bağlı olarak makarnaların pigment ve sarılık değerleri artmış ve pişmemiş makarnanın kırılma kuvvetiyle sırasıyla ters korelasyonlar göstermiştir (*r = -0.74, r = -0.48)*. Pişmemiş makarnanın bir diğer kalite kriteri olan kırılma mesafesi ise makarna örneklerinin rutubet miktarı arttıkça azalmış *(r = -0.79)*. Nitekim Cole (1991), pişmemiş makarnanın kırılma mesafesi ile rutubet içeriğinin ilişkili olduğunu bildirmiştir.

Çizelge 4.4. Makarna örneklerinin tekstürel ve kimyasal özellikleri arasındaki korelasyon katsayıları

	rutubet	kül	protein	pigment	100-L	b
k.kuv.	-0,11	-0,61*	-0,62*	-0,74**	-0,11	-0,48*
k.mes.	-0,79**	0,08	0,07	-0,26	0,62*	0,18
sertlik	0,12	-0,74**	-0,65*	-0,91***	-0,41	-0,71**
yapışkanlık	0,62*	-0,96***	-0,92***	-0,83**	-0,86***	-0,89***
elastikiyet	-0,21	0,36	0,30	0,35	0,18	0,43

** p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001*

Makarna örneklerinin kül ve protein içerikleri ile pişmiş makarnanın sertlik değerleri arasında önemli düzeyde ters korelasyon gözlenmiştir *(r = -0.74, r = -0.65)*. Makarna örneklerinin protein içeriği arttıkça pişmiş makarna sertliğinin de artması gerektiği bildirilse de (Dexter and Matsuo, 1977; Grzybowski and Donnelly 1979) protein oranının beraberinde kül içeriğinin de yüksek oluşu makarna örneklerinin sertliğinin azalmasına neden olmuştur. Yaptığımız çalışmada spagetti örneklerinin kül ve protein içeriği arttıkça yüzey yapışkanlıklarının azaldığı *(r = -0.96, r = -0.92)* saptanmıştır. Benzer şekilde, Del Nobile et al, (2005) artan protein içeriğiyle spagetti yapışkanlığının azaldığını bildirmiştir. Dexter et al, (1983b) protein içeriği düşük olan örneklerin pişme sırasında daha fazla su absorbe ederek yapışkanlıklarının arttığını ve sertliklerinin ise azaldığını bildirilmiştir.

Makarna örneklerinin kül içeriğinin artmasına bağlı olarak pigment içerikleri ve kahverengilik değerlerinin de arttığı bildirilmiştir (Cubadda 1988). Beklenildiği gibi yapılan çalışmada da makarna örneklerinin kül içeriğinin artmasıyla pigment içeriği ve sarılık değerleri artmış ve bu özellikler pişmiş makarna sertliği ile sırasıyla ters korelasyonlar göstermiştir *(r = -0.91, r = -0.71)*. Kül içeriğinin artışına bağlı olarak makarnaların pigment, kahverengilik ve sarılık değerleri artmış ve yapışkanlık ile sırasıyla ters korelasyonlar vermiştir *(r = -0.83, r = -0.86, r = -0.89)*.

Çalışmada kullanılan spagetti örneklerinin tekstürel ve teknolojik özellikleri arasındaki korelasyonlar Çizelge 4.5.'da gösterilmiştir. Spagetti örneklerinin pişme kaybı arttıkça yüzey yapışkanlıkları da artmıştır *(r = 0.61)*. Pişirme suyuna geçen nişasta miktarının artmasıyla makarnanın yüzey özelliklerinin bozularak yapışkanlığın artması kaçınılmazdır. Makarnaların yüzey yapışkanlığıyla TOM miktarı arasında da önemli düzeyde korelasyon saptanmıştır *(r = 0.86)*. Çeşitli araştırmacılar, pişmiş spagetti yapışkanlığının makarna pişirilip süzüldükten sonra çalkalama suyuna geçen yüzey maddelerinin miktarıyla ilişkili olduğunu bildirmiştir (D'Egidio et al 1982; Menger 1980). Benzer şekilde, Dexter et al, (1985), musluk suyu kullanılarak pişirilen makarnaların TOM değerleriyle yapışkanlıkları arasında önemli düzeyde korelasyon (*r = 0.66)* olduğunu bildirmiştir. Makarnaların elastikiyeti ile teknolojik özellikleri arasında bir korelasyona rastlanamamıştır. Pişmiş spagetti örneklerinin sertlik değerleri ve pişmemiş spagetti örneklerinin kırılma kuvveti arttıkça örneklerin toplam organik madde içeriklerinin de arttığı gözlenmiştir *(r = 0.77, r = 0.86)*.

Çizelge 4.5. Makarna örneklerinin tekstürel ve teknolojik özellikleri arasındaki korelasyon katsayıları

	Mpa	Mph	pk	tom
k.kuv.	0,43	0,16	0,49	0,86**
k.uzak.	0,71**	0,25	0,06	0,29
sertlik	0,01	-0,33	0,46	0,77**
yapışkanlık	-0,37	-0,35	0,61*	0,86**
elastikiyet	0,29	0,26	0,16	-0,33

** p<0.05, ** p<0.01*

Makarna örneklerinin tekstürel özelliklerinin kendi aralarındaki korelasyonlar Çizelge 4.6.'de gösterilmiştir. Pişmiş makarnaların yüzey yapışkanlığı ve sertlikleri arasında önemli düzeyde korelasyon saptanmıştır *(r = 0.73)*. Yapılan çalışmalarda pişmiş makarnanın sertlik ve yapışkanlığının ters orantılı olduğu ifade edilmiştir (Sözer ve Kaya 2002). Sözer and Kaya (2003) farklı tuz

konsantrasyonlarının pişmiş spagettinin tekstürel özellikleri üzerine etkisini incelediği çalışmada pişmiş makarnanın sertlik ve yapışkanlığı arasında ters korelasyon saptamıştır *(r= -0.89)* Daha öncede belirtildiği gibi protein oranı fazla olan spagettinin yapışkanlığı düşük sertliği ise yüksek olmaktadır (Dexter et al, 1983b). Çalışmamızda pişmiş spagetti örneklerinin sertlik ve yapışkanlıkları arasında tespit ettiğimiz doğru orantının örneklerin protein ve kül içerikleri arasındaki interaksiyondan kaynaklandığı düşünülmektedir. Protein içeriği yüksek olan örneğin kül içeriği artmakta bu durum ise sertliği düşürmektedir. Pişmemiş spagetti örneklerinin kırılma kuvveti ve pişmiş spagettilerin sertlikleri arasında önemli düzeyde doğru ilişki saptanmıştır *(r = 0.62)*.

Çizelge 4.6. Makarna örneklerinin tekstürel özellikleri arasındaki korelasyon katsayıları

	Sertlik	yapışkanlık	elastikiyet	k.kuv.	k.uzak
sertlik	1				
yapışkanlık	0,73**	1			
elastikiyet	-0,15	-0,44	1		
k.kuv.	0,62*	0,52	-0,12	1	
k.uzak.	0,21	-0,23	0,13	0,62*	1

** p<0.05, ** p<0.01*

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada üç spagetti örneğinin kalitesi kimyasal, teknolojik ve tekstürel metotlarla belirlenmiş, tüketici tercihi açısından önem taşıyan tekstürel özelliklerin diğer test teknikleriyle korelasyonları saptanmış, böylece makarna kalitesini belirlemede tekstürel yöntemlerin kullanılabilirliği araştırılmıştır.

Spagetti örneklerinin kül içeriği arttıkça Texture Analyzer ile belirlenen kırılma kuvvetleri azalmıştır. Makarna örneklerinin yüzey yapışkanlığı ile kül ve protein içeriği arasında sırasıyla *(r = -0.96, r = -0.92)* önemli korelasyonlar gözlenmiştir. Spagetti örneklerinin kül ve protein içeriğinin artmasıyla yüzey yapışkanlığı azalmıştır. Benzer şekilde örneklerin pigment, kahverengilik ve sarılık değerleriyle yüzey yapışkanlığı arasında ters korelasyonlar saptanmıştır.

Pişmiş spagetti örneklerinin pişme kayıpları arttıkça yüzey yapışkanlıkları da artmıştır *(r = 0.61)*. Makarnaların yüzey yapışkanlığıyla toplam organik madde miktarı arasında da önemli düzeyde korelasyon saptanmıştır *(r = 0.86)*. Bu sonuçlar enstrümental tekstürel yöntemlerden yapışkanlığın teknolojik özelliklere alternatif olarak kullanılabilirliğini açıkça göstermektedir.

Pişmiş makarnanın elastikiyeti kimyasal ve teknolojik özelliklerle korelasyon vermemiştir. Bunun nedeni olarak elastikiyet testinin uygulanmasındaki zorluk gösterilebilir.

Sonuç olarak tekstürel yöntemlerin zaman alıcı ve yüksek maliyetli kimyasal ve teknolojik yöntemlere alternatif olarak makarna kalitesini belirlemede etkin şekilde kullanılabildiği görülmüştür. Bu amaçla tasarlanan en yeni doku ölçüm cihazı olan Texture Analyzer ile pişmiş ve pişmemiş makarnanın tekstürel özellikleri uygun donanımlarla belirlenebilmektedir.

Çalışmaya ilişkin yapılabilecek öneriler materyal çeşitliliğinin arttırılması yönündedir. Daha fazla sayıda spagetti örneği kullanılarak analiz sonuçlarının kesinliği arttırılabilir. Bunun yanı sıra makarnaların hammaddesinin de örnek alınarak analizlenmesi doğru olacaktır.

6. EKLER (Çizelge)

Çizelge E.1. Örneklere göre nem içeriği değişiminin varyans analizi

Faktör	DF	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	Pr> F
Makarna Örneği	2	2.27	1.13	16.63	0.0010
Hata	9	0.61	0.06		
Toplam	11	2.89			

Çizelge E.2. Örneklere gore kül içeriği değişiminin varyans analizi

Faktör	DF	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	Pr> F
Makarna Örneği	2	0.10	0.05	321.64	<.0001
Hata	9	0.001	0.00		
Toplam	11	0.10			

Çizelge E.3.Örneklere göre protein içeriği değişiminin varyans analizi

Faktör	DF	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	Pr> F
Makarna Örneği	2	1.50	0.74	67.28	<.0001
Hata	9	0.10	0.01		
Toplam	11	1.59			

Çizelge E.4 Örneklere göre pigment içeriği değişiminin varyans analizi

Faktör	DF	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	Pr> F
Makarna Örneği	2	0.83	0.41	45.02	<.0001
Hata	9	0.08	0.009		
Toplam	11	0.91			

EKLER (Devam)

Çizelge E.5. Örneklere göre kahverengilik değeri değişiminin varyans analizi

Faktör	DF	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	Pr> F
Makarna Örneği	2	3.62	16.81	980.99	<.0001
Hata	9	0.15	0.017		
Toplam	11	33.77			

Çizelge E.6 Örneklere göre sarılık değeri değişiminin varyans analizi

Faktör	DF	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	Pr> F
Makarna Örneği	2	5.41	2.70	77.26	<.0001
Hata	9	0.31	0.03		
Toplam	11	5.72			

Çizelge E.7 Örneklere göre makarna pişme hacmi özelliklerinin değişiminin varyans analizi

Faktör	DF	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	Pr> F
Makarna Örneği	2	271.28	135.64	0.76	0.4941
Hata	9	1599.39	177.71		
Toplam	11	1870.67			

Çizelge E.8 Örneklere göre makarna pişme ağırlığı özelliklerinin değişiminin varyans analizi

Faktör	DF	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	Pr> F
Makarna Örneği	2	169.06	84.53	6.64	0.0169
Hata	9	114.63	12.73		
Toplam	11	283.70			

EKLER (Devam)

Çizelge E.9 Örneklere göre pişme kaybı değişiminin varyans analizi

Faktör	DF	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	Pr> F
Makarna Örneği	2	0.18	0.09	4.10	0.0542
Hata	9	0.20	0.02		
Toplam	11	0.39			

Çizelge E.10 Örneklere göre toplam organik madde içeriği değişimi varyans analizi

Faktör	DF	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	Pr> F
Makarna Çeşidi	2	0.07	0.03863333	386.33	<.0001
Hata	9	0.00	0.0010000		
Toplam	11	0.07			

Çizelge E.11 Örneklere göre kırılma kuvveti değişiminin varyans analizi

Faktör	DF	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	Pr> F
Makarna Örneği	2	53.36	26.68	32.32	<.0001
Hata	9	7.43	0.82		
Toplam	11	60.79			

Çizelge E.12 Örneklere göre kırılma mesafesi değişiminin varyans analizi

Faktör	DF	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	Pr> F
Makarna Örneği	2	119.88	59.94	224.81	<.0001
Hata	9	2.39	0.26		
Toplam	11	122.28			

EKLER (Devam)

Çizelge E.13 Örneklere göre elastikiyet özelliklerinin değişiminin varyans analizi

Faktör	DF	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	Pr> F
Makarna Örneği	2	0.36	0.18	0.82	0.4702
Hata	9	1.98	0.22		
Toplam	11	2.34			

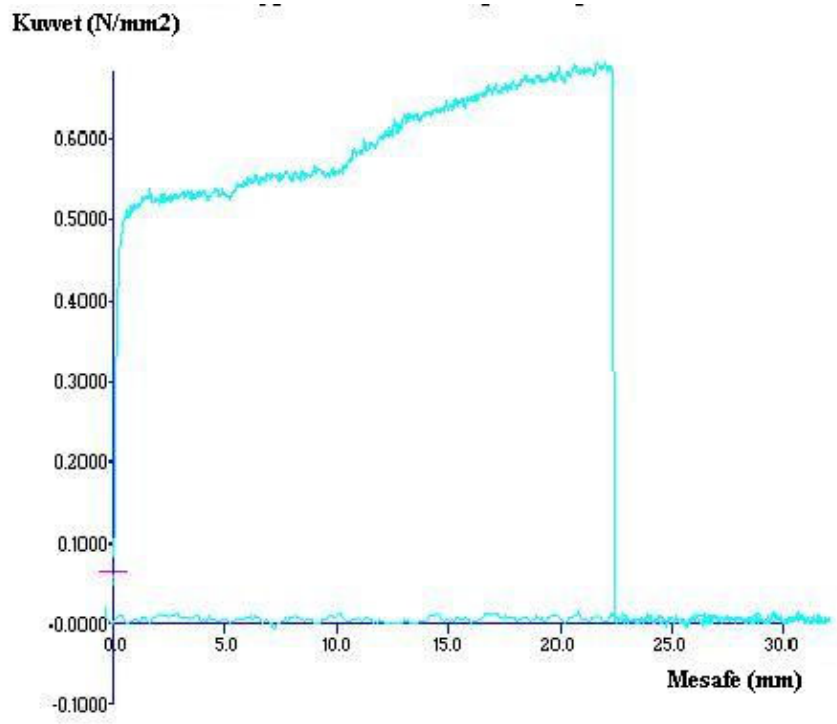
Çizelge E.14 Örneklere göre sertlik özelliklerinin değişiminin varyans analizi

Faktör	DF	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	Pr> F
Makarna Örneği	2	0.29	0.14	8.20	0.0094
Hata	9	0.16	0.01		
Toplam	11	0.45			

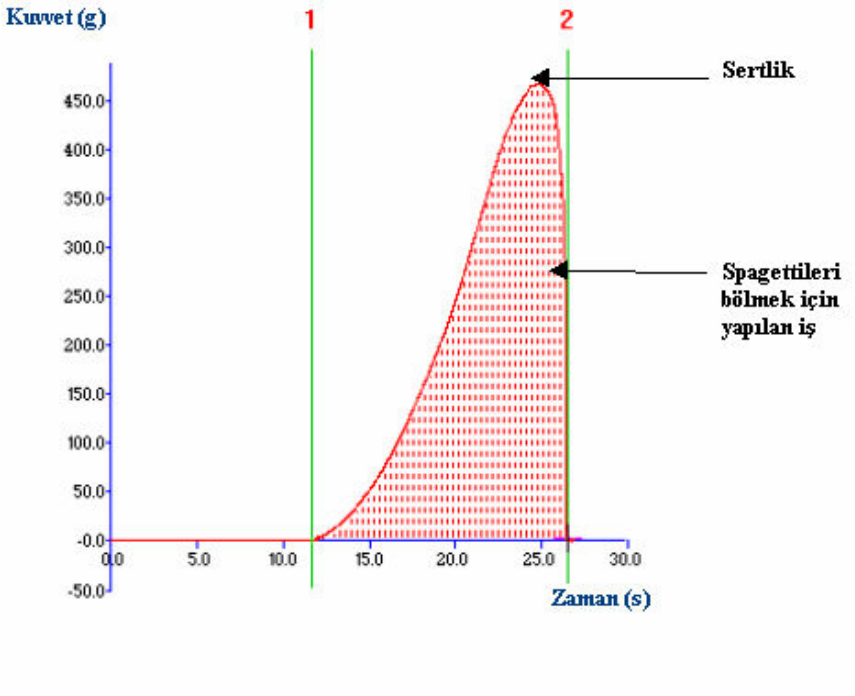
Çizelge E.15 Örneklere göre yapışkanlık özelliklerinin değişiminin varyans analizi

Faktör	DF	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	Pr> F
Makarna Örneği	2	1070.91	535.45	106.09	<.0001
Hata	9	45.42	5.04		
Toplam	11	1116.34			

EKLER (Şekil)

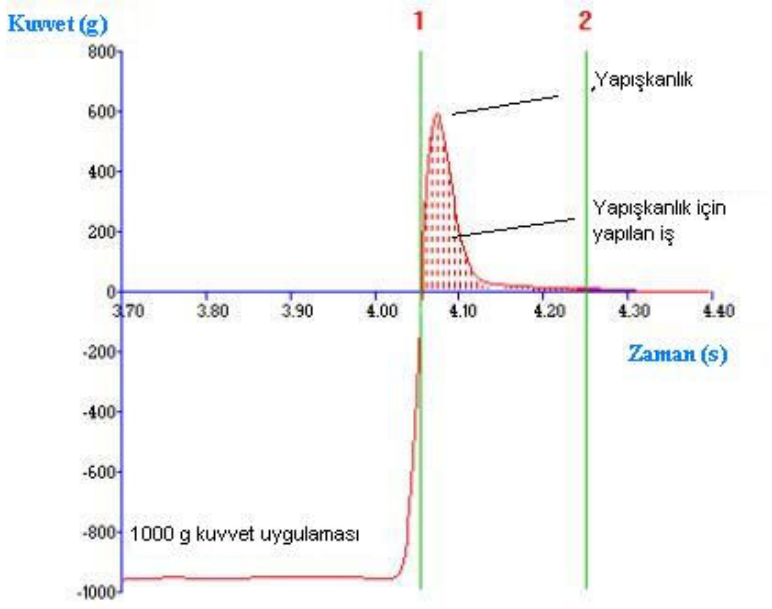


Şekil E.1 Pişmemiş Spagetti Bükülme Testi Grafiği

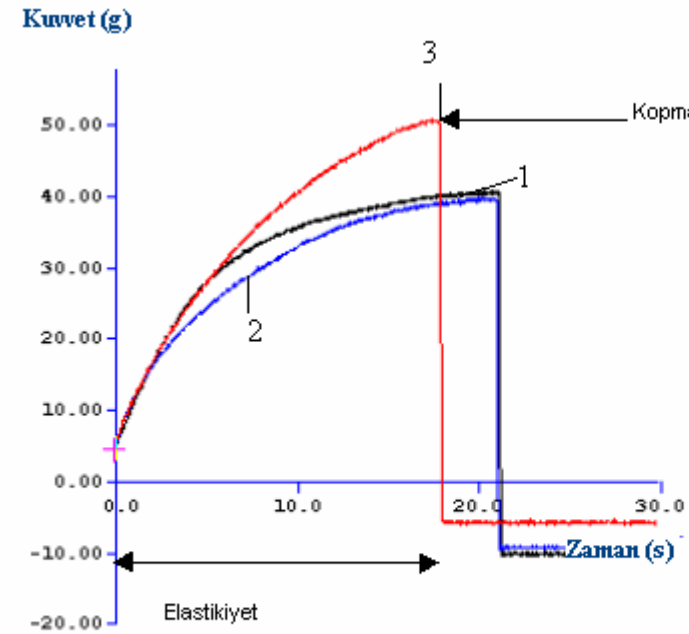


Şekil E.2 Pişmiş Spagetti Sertlik Grafiği

EKLER (Devam)



Şekil E.3 Pişmiş Spagetti Yüzey Yapışkanlığı Grafiği

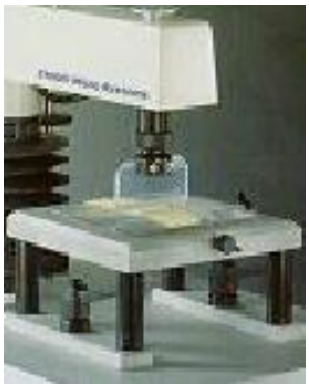


Şekil E.4 Pişmiş Spagetti Elastikiyet Grafiği

EKLER (Devam)

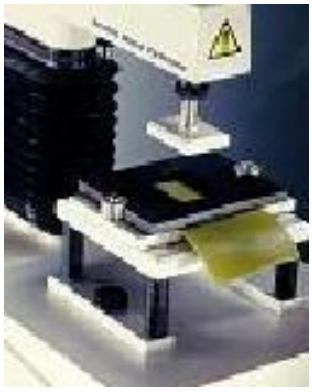


Şekil E.5 Pişmemiş Spagetti Bükülme Donanımı



Şekil E. 6 Pişmiş Spagetti Sertlik Donanımı

EKLER (Devam)



Şekil E.7 Pişmiş Spagetti Yapışkanlık Donanımı



Şekil E.8 Pişmiş Spagetti Elastikiyet Donanımı

7. KAYNAKLAR

Abecassis, J., Alary, R., and Kobrehel, K. 1980. Einfluss des pH Wertes des Kochwassers auf die Beschaffenheit gekochter Teigwaren. Ber. Durum Teigwaren- Tag. 178: 22.

Alary, R., Abecassis, J., Kobrehel, K., and Feillet, P. 1979. Influence de l'eau de cuisson, et notamment de son pH, sur les caracteristiques des pates alimentaires cuites. Bull. ENSMIC 293: 255.

Anon., 1982. Standard Methods of the International Association for Cereal Chemistry (ICC), Verlag Moritz Scläfer Detmold, ICC No: 110/1, ICC No: 104, ICC No: 105/1.

Anon., 1995. American Association of Cereal Chemists. Approved methods of the AACC Method 16-50. AACC Method 14-50. St. Paul, MN, U.S.A.

Anon., 2005. www.makarna.org.tr

Anon., 2005. Türk Gıda Kodeksi Makarna Tebliği, Tebliğ No: 2002-20.

Autran, J.C., Abecassis, J. and Feillet, P. 1986. Statistical evaluation of different technological and biochemical tests for quality assessment in durum wheats. Cereal Chem. 63: 390-394.

Bergman, C.J., Gualberto, D.G., and Weber, C.W., 1994. Development of a high temperature dried soft wheat pasta supplemented with cowpea (*vigna unguiculata (L.)walp)*: cooking quality, color, and sensory evaluation, Cereal Chemistry, 71(6):523-527.

Binnington, D.S, Johannson, H., and Geddes, W.F. (1939). Quantitative methods for evaluating the quality of macaroni products. Cereal Chem. 16: 149-167.

Borrelli, G.M., Troccoli, A., Di Fonzo, N., and Fares, C. 1999. Durum wheat lipoxygenase activity and other quality parameters that affect pasta color. Cereal Chem. 76(3): 335-340.

Brennan, C.S., Kuri, V., and Tudorica, C., 2004. Inulin enriched pasta: effects on textural properties and starch degredation. Food Chemistry, 86: 189-193.

California Wheat Commission, Description of semolina quality factors. 1240 Commerce Ave. Suite A., Woodland CA 95776-2267 (530) 661- 1332

Clark, J. A., Oliver, J. R., Batey, I. L., Hare, R. A., Sissons, M. J. And McKenzie, E. A. 1997. Pasta benchmarking: evaluation of australian and foreign pasta. Proceedings of the 47th Australian Cereal Chemistry Conference, Perth, 14-18 September, 1997.

Clarke, J.M., Marchylo, B.A., Kovacs, M.I.P., Noll, J.S., McCaig, T.N., and Howes, N.K. 1998. Euphytica, 100: 163-170.

Cole, M.E. 1991. Rewiew: Prediction and measurement of pasta quality. International Journal of Food Science and Technology. 26: 133-151.

Cubadda, R. 1985. Methods and topical problems in the evaluation of the technological quality of durum wheat. Proc. ICC Symp.: Analyses as practical tools in the cereal field, ed. K.H. Fjell, Norwegian Grain Corporation, Oslo.

Cubadda, R. 1988. Evaluation of durum wheat, semolina and pasta in Europe, In: G. Fabriani and C. Lintas (Editors), Durum Wheat: Chemistry and Technology, St. Paul, Minnesota, AACC: 217-228.

Cubadda, R. 1989. Current research and future needs in durum wheat chemistry and technology, Cereal Foods World, 34: 206-209.

Debbouz, A., Hinsz, B.L., and J.H., Osborne., 1995. Quality of the regional (Minnesota, Montana, North and South Dakota) 1995 Durum Wheat Crop.

deMan, J.M., 1976. Mechanical properties of foods, In: D.W. Gruenwedel and J.R. Whitaker (Editors), Food Analysis Principles and Techniques, Westport: AVI Publishing Co: 8-27.

D'Egidio, M.G., De Stefanis, E., Fortini, S., Galterio, G., Mariani, B.M., and Sgrulletta, D. 1981. Influenza del tipo di acqua usata nella cottura sula qualita della paste. Tec. Molitoria 32:507.

D'Egidio, M.G., De Stefanis, E., Fortini, S., Galterio, G., Nardi, S., Sgrulletta, D., and Bozzini, A., 1982. Standardization of cooking quality analysis in macaroni and pasta products. Cereal Foods World 27:367-368.

D'Egidio, M.G., De Stefanis, E., Fortini, S., Galterio, G., Nardi, S., Sgrulletta, D., and Volpi, M., 1983. Untersuchung der an die Qualität der Teigwaren gebundenen Eigenshaften-Veranderungen an der Starkezusammensetzung

während der Herstellung und des Kochens der Teigwaren. Getreide Mehl und Brot, 37:55-60.

D'Egidio, M.G., Mariani, B.M., Nardi, S., Novaro, P., and Cubadda, R., 1990. Chemical and technological variables and their relationships: a predictive equation for pasta cooking quality. Cereal Chemistry, 67:275-281.

D'Egidio, M.G., Mariani, B.M., Nardi, S., and Novaro, P. 1993. Viscoelastograph measures and total organic matter test: Suitability in evaluating textural characteristics of cooked pasta. Cereal Chem. 70(1):67-72.

D'Egidio, M.G., and Nardi, S., 1996. Textural Measurement of Cooked Spaghetti. Pasta and Noodle Technology: Edited by James E. Kruger, Robert B. Matsuo and Joel W. Dick. AACC. St. Paul Minnesota, U.S.A: AACC Inc 133-157

Del Nobile, M.A., Baiano, A., Conte, A., Mocci, G., 2005. Influence of protein content on spaghetti cooking quality, Jour. Cereal Sci., 41: 347-356.

Dexter, J.E., and Matsuo, R.R. 1977. Influence of protein content on some durum wheat quality parameters. Can. Jour. Plant Sci. 57:717-727.

Dexter, J.E., and Matsuo, R.R., 1978. The effect of gluten protein fractions on pasta dough rheology and spaghetti making quality. Cereal Chem. 55 (1): 44-57.

Dexter, J.E., Kilborn, R.H., Morgan, B.C., and Matsuo, R.R., 1983a. Grain research laboratory compression tester; Instrumental measurement of cooked spaghetti stickiness. *Cereal Chemistry*, 60(2):139-142.

Dexter, J.E., Matsuo, R.R., and Morgan, B.C., 1983b. Spaghetti stickiness: Some factors influencing stickiness and relationship to other cooking quality characteristics, Jour. Food Sci. 48: 1545.1985.

Dexter, J.E., Matsuo, R.R., and MacGregor, A.W., 1985. Relationships of instrumental assessment of spaghetti cooking quality to the type and the amount of material rinsed from cooked spaghetti. J. Cereal Sci. 3:39-53.

Dexter, J.E., Tkachuk, R., and Tipples, K.H., 1991. Physical properties and processing quality of durum wheat fractions recovered from a specific gravity table, Cereal Chem, 68 (4): 401-404.

Dexter, J.E., and Marchylo, B.A., 2001. Recent trends in durum wheat milling and pasta processing: Impact on durum wheat quality requirements. Canadian Grain Commission, Grain Research Laboratory, 1404-303 Main, St., Winnipeg MB R3C 3G8 Canada.

Dick, J.W., and Matsuo, R.R., 1988. Durum Wheat and Pasta Products. Wheat: Chemistry and Technology. 3rd ed. Vol. 1. Y. Pomeranz, ed. Am. Assoc. Cereal Chemistry St. Paul, MN. 507-547.

Dick, J.W., and Youngs, V.L. 1988. Evaluation of durum wheat, semolina and pasta in the United States. In 'Durum Chemistry and Technology.' ed G. Fabriani and C. Lintas, pp. 237-249. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, Minnesota 55121, USA.

Dobraszczyk, B.J., and Vincent, J.F.V. 1999. A.J. Rosenthal (Editor) In: Food Texture Measurement and Perception. Aspen, Gaithersburg, Maryland, p: 102.

Donnelly, B.J. 1982. Teflon and non-Teflon lined dies: Effect on spaghetti quality. Jour. Food Sci. 47:1055-1058, 1069.

Donnelly, B.J., 1991. Pasta: raw materials and processing. In: K.J. Lorenz, K. Kulp (Editors), Handbook of Cereal Science and Technology. New York: Marcel Dekker, Chapter 19.

Earle, P.L., and Rogers, M.C. 1941. Drying macaroni. Industrial and Engineering Chemistry, 33(5): 642-647.

Edwards, N.M., Izydorczyk, M.S., and Dexter, J.E. 1993. Cooked spaghetti texture- Comparison of dynamic viscoelastic properties to instrumental assessment of firmness. Cereal Chem. 70(2):122-126.

Edwards, N.M., Bilioderis, C.G. and Dexter, J.E., 1995. Textural characteristics of whole wheat pasta and pasta containing non-starch polysaccharides. *Journal of Food Science,* 60(6):1321-1324.

Evans, G.C., deMan, J.M., Rasper, V. and Voisey, P.W. 1975. Effect of polyfhosfate addition in spaghetti. Jour. de l'Institut Canadien de Science et Technologie Alimentaires, 8: 102-108.

Feillet, P., and Abecassis J., 1976. Valeur d'utilisation des blés durs. Proc. Conf. on Cereal Crops. Faculty of Science and Agronomy of Gembloux, Belgium, 551-560.

Feillet, P., Abecassis, J., and Alary, R. 1977. Description d'un novel appareil pour mesurer les propriétes viscoélastiques des produits céléalieres. Bull. Anc. Eleves Ec. Meun. ENSMIC 278 :97.

Feillet, P. 1988. Protein and enzyme composition of durum wheat, In: G. Fabriani, C. Lintas (Editors), Durum Chemistry and Technology. AACC, Inc, St.Paul , 93-119, Minnesota, 1988.

Feillet, P., and Dexter, J.E., 1996. Quality requirements of durum wheat for semolina milling and pasta production. Pasta and Noodle Technology, Edited by James E. Kruger, Robert B. Matsuo and Joel W. Dick.. St. Paul Minnesota, U.S.A: AACC Inc. 95-123.

Feillet, P., Abecassis, J., Autran, J.C., and Laignelet, T. 1996. Past and future trends of academic research on pasta and durum wheat. Cereal Foods World. 41:205-211.

Feillet, P., Autran, J.C., and Verniere, C.I. 2000. Pasta brownness : An assessment. J. Cereal Sci. 32:215-233.

Glabe, E.F., Goldman, P.F., and Anderson, P.W. 1957. Effects of Irish moss extractive (carrageenan) on wheat-flour products. Cereal Science Today, 2: 159-162.

Gonzalez, J.J., Mccarthy, K.L. and Mccarthy, M.J., 2000. Textural and structural changes in lasagna after cooking. Journal of Texture Studies, 31(1):93-108.

Grant, L.A., Dick, J.W., Shelton, D.R., 1993. Effects of drying temperature, starch damage, sprouting and additives on spaghetti quality characteristics. Cereal Chem., 70: 676-684.

Grant, L.A., Doehlert, D.C., McMullen, M.S., and Vignaux, N. 2004. Spaghetti cooking quality of waxy and non-waxy durum wheats and blends. J. Sci. Food Agric. 84:190-196.

Grzybowski, R.A., and Donnelly, B.J. 1979. Cooking properties of spaghetti: Factors affecting cooking quality. Jour. Agric. Food Chem. 27(2): 380-384.

Guan, F. and Seib, P.A. 1994. Instrumental probe and method to measure stickiness of cooked spaghetti and noodles. Cereal Chem. 71(4):330-337.

Guinea, G.V., Rojo, F.J., and Elices, M., 2004. Brittle failure of dry spaghetti. Engineering Failure Analysis, 11: 705-714.

Güler, S., Köksel, H., and Ng., P.K.W., 2002. Effects of industrial pasta drying temperatures on starch properties and pasta quality. Food Research International , 35:421-427.

Hahn, D.H., 1990. Application of rheology in the pasta industry. In: H. Faridi and J.M. Faubion (Editors), Dough Rheology and Baked Product Texture. Van Nostrand Reinhold, New York.

Holliger, A. 1963. Improved method for testing macaroni products. Cereal Chem. 40: 231-240.

Hou, G., Kruk M., Petrusich, J. and Colletto, K. 1996. Measurement of the extensibility and tensile strength of dough and noodles. AACC Conference Paper, Baltimore, 1996.

Hummel, Ch. 1966. Macaroni Products: Manufacture, Processing and Packaging, Food Trade Press, London, U.K: 250-264.

Ingelbrecht, J.A., Moers, K., Abecassis, J., Rouau, X. and Delcour, J.A., 2001. Influence of arabinoxylans and endoxylanases on pasta processing and quality. Production of high-quality pasta with increased levels of soluble fiber. *Cereal Chemistry* 78(6):721-729.

ISO: International Standard 7304. Durum wheat semolinas and alimentary pasta- Estimation of cooking quality of spaghetti by sensory analysis. First edition 1985-04-15.

Kovacs, M.I.P., Poste, L.M., Butler, G., Woods, S.M., Leisle, D., Noll, J.S. & Dahlke, G. 1997. Durum Wheat Quality: Comparison of Chemical and Rheological Screening Tests with Sensory Analysis. Journal of Cereal Science, 25, 65-75.

Kruk, M., Hou, G., Petrusich, J. and Colletto, K., 1996. Relationships among physicochemical and rheological properties, texture profile analysis and sensory

evaluation of selected U.S. wheats for Asian noodles. AACC Conference Paper, New Orleans, 1996.

Laignelet, B., Kobrehel, K., and Feillet, P. 1972. Le problème de la coloration des pâtes alimentaires. Industries Agricoles et Alimentaires, 89: 413-427.

Lee, S.Y., Rha, M., Koh, W., Park, W., Lee, C., Kwon, Y.A., and Hwang, J.K. 2002. Measurement of cooked noodle stickiness using a modified instrumental method. Cereal Chem. 79(6):838-842.

Malcolmson, L.J., Matsuo, R.R. and Balshaw, R., 1993. Effects of drying temperature and farina blending on spaghetti quality using responce surface methodology. Cereal Chemistry 70(1):1-7.

Manser, J., 1981. Optimale parameter für die Teigwarenherstellung am Beispiel von Langwaren, Getreide Mehl Brot, 35: 75

Manthey, F.A., and Schorno, A.L., 2002. Physical and cooking quality of spaghetti made from whole wheat durum. Cereal Chemistry, 70(4):504-510.

Marconi, E., Carcea, M., Graziano, M., and Cubadda R. 1999. Kernel properties and pasta making quality of five European spelt wheat (*Triticum Spelta* L.) cultivars. Cereal Chem. 76(1): 25-29.

Marconi, E., Graziano, M., and Cubadda, R., 2000. Composition and utilization of barley pearling by-products for making functional pastas rich in dietary fiber and β-glucans. Cereal Chem., 77(2): 133-139.

Matsuo, R.R., and Irvine, G.N., 1969. Spaghetti tenderness testing apparatus, Cereal Chem, 46: 1-6.

Matsuo, R.R., and Irvine, G.N., 1970. Effect of gluten on the cooking quality of spaghetti. Cereal Chem, 47: 173.

Matsuo, R.R., Bradles, J.W., and Irvine, G.N., 1972. Effect of protein content on the cooking quality of spaghetti. Cereal Chem, 49-707.

Matsuo, R.R. and Dexter, J.E., 1980. Relationship between some durum wheat physical characteristics and semolina milling properties. Can. J. Plant. Sci. 60: 49-53.

Matsuo, R.R., Dexter, J.E., Kosmolak, F.G., and Leisle, D., 1982. Statistical evaluation of tests for assessing spaghetti-making quality of durum wheat, Cereal Chem, 44: 78-85.

Matsuo, R.R., Malcolmson, L.J., Edwards, N.M., and Dexter, J.E., 1992. A colorimetric method for estimating spaghetti cooking losses, Cereal Chemistry, 69(1): 27-29.

Matveef, M. 1966. Influence du gluten des bles durs sur la valeur des pates alimentaires, Bull. ENSMIC. 213 : 133-136.

Menger, A., 1979. Crucial points of view concerning the execution of pasta cooking tests and their evaluation. In: G. Fabriani, C. Lintas (Editors), Comptes Rendus du Symp. Int : Matieres Premieres et Pâtes Alimentaires, Istituto Nazionale della Nutrizione: Rome, 53.

Menger, A., 1980. Einflusse des Kochwassers auf das Kochergebnis bei Teigwaren unterschiedlicher Qualitat. Getreide Mehl Brot, 34:336.

Novaro, P., D'Egidio, M.G., Mariani, B.M., and Nardi, S., 1993. Combined effect of protein content and high-temperature drying systems on pasta cooking quality. Cereal Chem. 70: 716-719.

Oh, N.H., Seib, P.A., Deyoe C.W., and Ward, A.B. 1983. Noodles. I. Measuring the textural characteristics of cooked noodles. Cereal Chem. 60(6): 433-438.

Oh, N.H., Seib, P.A., Deyoe, C.W., and Ward, A.B., 1985. Noodles. II. The surface firmness of cooked noodles from soft and hard wheat flours. Cereal Chem. 62: 431-436.

Ova, G., 1989. Bazı Türk ıslah çeşidi Tr. durum buğdaylarının belirli özelliklerinin makarna kalitesi ile ilişkisi, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, 88s.

Purslow, P.P. 1987. The fracture behaviour of meat- a case study. In: J.M.V. Blanshard and P. Lillford (Editors), Food Structure and Behaviour. Academic Press, London: 177-197.

Resmini, P., Pellegrino, L., Paani, M.A., and De Noni, I. 1993. Formation of 2-acetyl-3-D-glucopyranosylfurane (glucosylisomaltol) from nonenzymatic browning in pasta drying. Italian Journal of Food Science, 4: 341-353.

Resmini, P., and Pellegrino L., 1994. Occurrence of protein bound lysylpyrrolaldehyde in dried pasta. Cereal Chemistry, 71: 254-262.

Rho, K.L., Seib, P.A., Chung, O.K., and Deyoe, FC.W., 1988. Noodles. VII. Investigating the surface firmness of cooked oriental dry noodles made from H.W. Flours. *Cereal Chemistry,* 65(4):320-326.

Ross, A. S. and Crosbie, G. B. 1997. Elasticity and springiness in asian noodles. Proceedings of the 47th Australian Cereal Chemistry Conference, Perth, 14-18 September, 1997.

Ross, A. S., To, S., Chiu, P. C. and Quail, K. J. 1999. Instrumental evaluation of white salted noodle texture. 48th Australian Cereal Chemistry Conference, 17-20 August 1998, Cairns, Queensland, Australia.

SAS 1999. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA

Seibel, W., Menger, A., Pfeilsticker, K., Schreurs, E. 1985. Einfluss des Kochwassers auf das Kochverhaltenvon Teigwaren in Abhangigkeit von der Qualitat der Rohteigware. I. Teil: Beziehung zwischen der Menge ausgewaschener, kohlenhydratreicher Teigwarensubstanz und der sensorischen Beurteilung gekochter Spaghetti. Getreide Mehl Brot 39: 275.

Sharma, R., Sissons M.J., Rahtjen, A.J. and Jenner, C.F. 2002. The Null-4A allele at the waxy locus in durum wheat affects pasta cooking quality. J. Cereal Sci. 35: 287-297.

Sheu, R., Medcalf, D.G., Gilles, K.A., and Sibbit, L.D., 1967. Effect of biochemical constituents on macaroni quality. Jour. Sci. Food Agric., 18: 237-239.

Smewing, J., 1997. Analysing the texture of cooked pasta for quality control. *Cereal Foods World*, 42(1): 8-12.

Sözer, N., ve Kaya, A., 2002. Spagettinin dokusal ve pişme özellikleri, Hububat Ürünleri Teknolojisi Kongre ve Sergisi, 3-4 Ekim 2002 Gaziantep.

Sözer, N., and Kaya, A., 2003. Changes in cooking and textural properties of spaghetti cooked with different levels of salt in the cooking water. Jour. Texture Studies, 34: 381-390.

Szczesniak, A.S., 1963. Classification of textural characteristics. Journal of Food Science 28: 385-389.

Tang, C., Hsieh, F., Heymann, H., and Huff., H.E., 1999. Analysing and correlating instrumental and sensory data. A multivariate study of physical properties of cooked wheat noodles., Journal of Food Quality 22:193-211.

Troccoli, A., Borrelli, G.M., De Vita, P. Fares, C., Di Fonzo, N., 2000. Durum wheat quality: A multidisciplinary concept. Journal of Cereal Science, 32: 99-113.

Ünal, S., 1995. Makarna Teknolojisi, Ders Notu. Ege Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 20s.

Voisey, P.W., Larmond, E. 1973. Exploratory evaluation of instrumental techniques for measuring some textural characteristics of cooked spaghetti. Cereal Science Today. 18: 126-133, 142-143.

Voisey, P.W., and Wasik, R. 1978. Measuring strength of uncooked spaghetti by bending test. Can. Inst. Food Sci. Tech. 11(1):34-37.

Voisey, P.W., Larmond, E., and Wasık, R.J., 1978. Measuring the texture of cooked spaghetti. I.Sensory and instrumental evaluation of firmness. *Canadian Insitute of Food Science and Technology*, 11:142-148.

Walsh, D.E., Gilles, K.A., and Shuey, W.C. 1969. Color determination of spaghetti by the tristimulus method. Cereal Chem. 46: 7-13.

Walsh, D.E. 1970. Measurement of spaghetti color. Macaronİ Jour. 52 (4): 20-22.

Walsh, D.E. 1971. Measuring spaghetti firmness, Cereal Science Today, 16: 202-205.

Walsh, D.E., and Gilles, K.A. 1971. The influence of protein composition on spaghetti quality. Cereal Chem. 48: 544-554.

Winston, J.J., 1960. Evaluating the macaroni strength of a spaghetti product by the use of a bending stress tester. The Macaroni Journal, 42(2):14.

Yu, L.J., 2003. Noodle dough rheology and quality of instant fried noodles. Department of Bierosource Engineering, Macdonald Campus, McGill University, Montreal, Quebec.

Yun, S.H., Rema, G., and Quail, K. 1997. Instrumental assessments of Japanese white salted noodle quality. Jour. Sci. Food Agric. 74: 81-88.

Zweifel, C., Handschin, S., Escher, F., and Conde-Petit, B., 2003. Influence of high temperature drying on structural and textural properties of durum wheat pasta. *Cereal Chemistry*, 80(2):159-167.