

SIĞIR ETİNDE SU TUTMA KAPASİTESİ VE SERBEST SU ORANI DEĞİŞİMİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

A STUDY ON THE CHANGES OF WATER HOLDING CAPACITY AND THE FREE WATER PROPORTION OF BEEF

Aydan ÖZTAN, Halil VURAL

Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü-ANKARA

ÖZET: Kesimden sonra ette pH değişimi, etin serbest su oranı ve su tutma kapasitesinin belirlenmesinde en önemli kriterdir. Bu araştırmada; 12 adet siğir karkasında *M. trapezius* kasında kesimde, kesimden 1 saat, 24 saat ve 48 saat sonra pH ölçümleri yapılmış, kompressium yöntemi ile serbest su oranı ve üç farklı yöntemle su tutma kapasitesi saptanmıştır. Pres yönteminde; süzgeç kağıtlarında toplam su alanı (T) ve et alanı (E) scanner ile taranmış, bilgisayarda alan ölçümleri yapılmıştır. pH-değeri bakımından zaman ve hayvan değişkenleri önemli bulunmuştur. Ette serbest su oranı rigor mortis döneminde (24.saat) artmış, daha sonra düşmeye başlamıştır. Örneklerde su tutma kapasitesi kesimden başlayarak olgunlaşma periyodunda rigor mortis sonuna kadar düşmüş, daha sonra yükselmeye başlamıştır.

SUMMARY: Changes in pH is an important criteria affecting on the free water and water holding capacity of meat after slaughtering. pH values were determined for *M. trapezius* muscles among 12 cattle carcasses, after slaughtering, 1 hour, 24 and 48 hours. At the same time, ratio of free water was obtained by compressium method and water holding capacity was determined by three different methods. Total water area (T), meat area (E) were scanned by a scanner on the filter press method and the measurements were done by computer. Time and animal variables were found significant in terms of pH values. Free water in meat was increased during rigor mortis (24th hours) and began to decrease afterwards. Water holding capacity of the samples were decreased from the slaughter to rigor mortis, than began to increase.

GİRİŞ

Post mortem fazda oluşan pH değişimleri ve etin su tutma kapasitesi, et kalitesinin belirlenmesinde yararlanılan en önemli kriterlerdendir.

Nitel açıdan bakıldığında, su ette en çok rastlanan bileşendir. Yağsız etin nem oranı %76 dolaylarındadır ve bu oran etin parçalanması, kıyılması, ürünlere işlenmesi sırasında değişir. Su ette lubricant özellik göstererek gevreklik, kuruluk, renk ve tat-koku özelliklerini etkiler (PEDERSON, 1971).

Bağlı, immobilize (tutuklu) ve serbest formda bulunan suyun ette bulunuş biçimi ve dağılımı, başta suyun tutulduğu boşluk olmak üzere, su-protein ve protein-protein etkileşimlerine bağlıdır (PEDERSON, 1971; FORREST VE ARK., 1975; LAWRIE, 1979; HONIKEL, 1987).

Etin pH değerlerinden, karkas kalitesinin ve etin raf ömrünün belirlenmesinde de yararlanılmaktadır. pH, etin saklanması ve değişik proseslere uygunluğu için belirleyici unsurlardan biridir (KORKEACA VE ARK., 1986).

Ürüne işlenecek ette pH'nın yüksek olması, başta etin olgunlaşmasını arttırmakta, et gevrek bir yapı kazanmakta, su tutma kapasitesi artmakta, buna bağlı olarak etin şişme özelliği de yükselmektedir. Su bağlama özelliğinin yüksek oluşu nedeniyle üretimde askı kayıpları ve pişirme kayıpları en düşük seviyeye inmektedir. Kurutma, dumanlama ve ısı işlem uygulamada et ve et ürünü içerdiği nemi dışı vermemekte, tam tersine, ortamdaki su olarak ağırlık arttırmaktadır. Yabancı su veya katılan su olarak adlandırılan bu özellik, özellikle haşlanmış ürünlere çok yararlı olmaktadır (BISCHOFF VE ARK., 1982; ÖZTAN, 1992).

Buna karşın yüksek pH değerine sahip etlerde kütleme sonucu renk oluşumu ve rengin kalıcılığı gibi özellikler yeterince gelişmemekte, et ve et ürünlerinin dayanıklılığını etkileyen mikroorganizmalar yüksek pH'da aktif olduklarından dayanıklılık azalmaktadır (KOSCH, 1986).

Etin pH'sının düşük olması halinde ise doğal koşullarda veya düşük sıcaklıklarda üretilen fermente çiğ ürünler için uygun hammadde sağlanabilir (CORETTI, 1971; BISCHOFF VE ARK., 1982; KOCH, 1986; ÖZTAN, 1992).

Su tutma kapasitesi, hayvanın türüne, yaşa, kas fonksiyonlarına, ante mortal ve post mortal uygulamalara göre değişmektedir (FORREST VE ARK., 1975; LAWRIE, 1979). Post mortem fazda pH düşüş oranı, ATP (Adenosin trifosfat) parçalanması, rigor mortis'in başlaması ve gelişmesi gibi hücresel

faktörler su tutma kapasitesini belirlemektedir. Ayrıca; proteolitik enzim aktivitesine bağlı olarak hücre yapısında oluşan değişimler de etkili olmaktadır (PEDERSON, 1971; KAUFFMAN VE ARK., 1986; HONIKEL, 1987).

Su tutma kapasitesinin belirlenmesinde değişik yöntemler kullanılmaktadır. Santrifüjleme (HOFFMAN VE ARK, 1980; MITTAL VE BARBUT, 1991), kapillar-volümetrik yöntem (FISCHER VE ARK., 1976), GRAU VE HAMM (1953; 1957) tarafından geliştirilen süzgeç kağıdı üzerine baskılama tekniği-kompressium (GRAU, 1969; REUTER; 1982; BARGEVE ARK., 1991) ve bu yöntemin modifiye edilmiş biçimleri (POHJA VE NIINIVAARA, 1957; HOFFMAN, 1982; HOFFMAN VE ARK., 1982; KAUFFMAN VE ARK., 1986; ZAYAS VE LIN, 1988; 1989) en çok kullanılan yöntemlerdir.

Bu araştırmanın amacı; sığırdaki kesimden, olgunlaşma döneminin sonuna kadar geçen süre içinde pH değişimlerine göre etteki serbest su oranı ve su tutma kapasitesinin belirlenmesinde yararlanılan çeşitli yöntemlerden yararlanarak, bu parametreler arasındaki ilişkiyi bulmak ve kolay ölçüm ve değerlendirme yöntemi geliştirmektir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Araştırmada kullanılan sığır etleri Ankara-Hasanoğlan'daki bir özel et işletmesinden sağlanmıştır. Aynı ırk, yaş ve cinsiyetteki iki yaşlı tosunlardan, birbirine yakın ağırlıkta 12 baş hayvan seçilmiş ve kesilmiştir. Kesim sonrası karkaslar 12 saat süreyle 15°C'da dinlendirilmiş, daha sonra 8°C'da soğuk depoda araştırma sonuna kadar bekletilmişlerdir. Her hayvanın sağ ön çeyrek karkasında boyun bölgesinde *M. trapezius* kasından kesimden sonra, 1. saat sonunda, 24. saatte ve 48. saatte örnekler alınmıştır.

Yöntem

Araştırma dört aşamada gerçekleştirilmiştir. Kesim, 1. saat, 24. saat ve 48. saatlerde alınan örneklerde aşağıdaki analizler yapılmıştır.

pH TAYİNİ; 2x10g yağsız et örnekleri 100ml distile su ile karıştırılıp, homojenize edilmiş, homojenatin pH'sı FISHER digital pH-metre ile okunmuştur (KONIECKO, 1985).

% NEM MİKTARI; 2x5g yağsız örnek kurumadde kaplarına tartılmış, 125°C'da sabit tartıma gelene kadar kurutulmuştur (ANONYMOUS, 1980).

% SERBEST SU ORANININ BELİRLENMESİ; GRAU VE HAMM (1953; 1957) tarafından geliştirilen kompressium yöntemine göre yapılmıştır (GRAU, 1969). Yaklaşık 300 mg kıyılmış yağsız et tartılmış, doymuş KCl'de bekletilen süzgeç kağıdı (Whatman. N1) üzerinde kompressium'da 5 dak. süre ile preslenmiştir. Presleme sonunda süzgeç kağıtlarında suyun yayılma alanı (toplam dış alan-T) ve etin yayılma alanı (E), Macintosh-scanner'da scann programı ile taranmış, daha sonra ölçüm programında alanlar okunmuştur. Ölçme 2 kez tekrarlanmış, her iki okuma arasında fark görülmemiştir. Serbest su oranı aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$\begin{aligned} \text{Toplam Su (mg)} &= (\% \text{ Nem} \times \text{Örnek Miktarı}) / 100 \\ \text{Serbest Su (mg)} &= [(\text{Net Su Alanı (T-E)}) / 0,0948] - 8,0 \\ \text{Serbest Su Oranı (\%)} &= (\text{Serbest Su} / \text{Toplam Su}) \times 100 \end{aligned}$$

Su Tutma Kapasitesi

Su tutma kapasitesinin hesaplanması üç değişik yöntemle yapılmıştır.

I. Yöntem: HAMM (1972) tarafından önerilen ve ZAYAS VE LIN (1988; 1989) tarafından geliştirilen yöntemle göre yaklaşık 300 mg kıyılmış yağsız et tartılmış, iki cam plaka arasında, serbest su oranı yönteminde ayrıntısı verilen süzgeç kağıdı üzerinde 1 kg ağırlık ile 20 dak. süreyle bekletilmiş, daha sonra (T) ve (E) alanları yukarıdaki gibi saptanmıştır. Su tutma kapasitesi (STK) aşağıdaki formülle

hesaplanmıştır.

$$STK = 1 - (E/T)$$

II. Yöntem: ZAYAS VE LIN (1988;1989)' a göre hesaplanan (T) ve (E) alanları, HOFMANN (1982) tarafından geliştirilen ve HOFMANN VE ARK. (1982) ; REUTER (1982); HONIKEL VE HAMM (1983) ; HONIKEL VE KIM (1986) ve HONKAVAARA (1989) tarafından çeşitli araştırmalarda kullanılan yöntemle bu kez su tutma kapasitesinin hesaplanmasında kullanılmıştır. Buna göre; $STK = E/T$

III. Yöntem: Kompresium yöntemi ile elde edilen veriler, bu kez II. Yöntemde açıklandığı gibi et alanının (E), toplam alana (T) oranı formülü ile hesaplanmıştır.

İstatistiksel değerlendirilmede çoklu varyans analizi tekniği uygulanmış, önemli bulunan değişkenler arasında korelasyon katsayıları ve regresyon denklemleri oluşturulmuştur (RENNER, 1981; HICKS, 1985).

BULGULAR VE TARTIŞMA

Tüm örneklerde nem analizi GRAU VE HAMM tarafından geliştirilen kompresium yöntemine ait hesaplamalarda kullanılmak üzere yapılmıştır. Kesim, 1. , 24. ve 48. saat sonuçlarına bakıldığında örneklerdeki ortalama nem oranı % 76,12 ile % 76,48 arasında değişmektedir (Çizelge 1) .

Çizelge 1. Sığır *M.Trapezius* Kaslarının Post Mortem Fazdaki pH, Serbest Su Oranı ve Su Tutma Kapasitesi Değişimi (Ortalama, Min-Max. değerleri n=12).

	KESİM	1.SAAT	24.SAAT	48.SAAT
pH	6,38 (6,13-6,69)	6,36 (5,83-6,61)	5,89 (5,46-6,45)	5,67 (5,24-6,03)
Nem (%)	76,48	76,35	76,12	76,20
Serbest Su Oranı (%)	31,44 (17,15-42,81)	31,64 (20,69-43,95)	35,64 (25,43-43,12)	34,95 (25,52-44,62)
Su Tutma Kapasitesi I.Yöntem	0,33 (0,04-0,96)	0,39 (0,26-0,57)	0,56 (0,48-0,67)	0,53 (0,49-0,64)
Su Tutma Kapasitesi II.Yöntem	0,67 (0,40-0,96)	0,61 (0,43-0,74)	0,44 (0,33-0,52)	0,47 (0,36-0,51)
Su Tutma Kapasitesi III.Yöntem	0,30 (0,27-0,41)	0,32 (0,24-0,41)	0,29 (0,25-0,33)	0,27 (0,22-0,36)

pH

Kesimde alınan örneklerde ortalama pH 6,38 olup, 6,13-6,69 sınırları arasında değişmektedir. Tüm zamanlar dikkate alındığında $pH_1 = 6,36$; $pH_{24} = 5,89$ ve $pH_{48} = 5,67$ olarak bulunmuştur. Zaman dilimlerinde en düşük ve en yüksek pH değerleri $pH_1 = 5,83-6,61$, $pH_{24} = 5,46-6,45$; $pH_{48} = 5,24-6,03$ 'dür. Post mortem fazda ette asitlik gelişimi normal olup, rigor mortis sonrası olgunlaşma dönemi sonrasında (48. saatte) etlerin % 41'i 5,59 ve daha düşük, % 46'sı ise 5,60-5,99 arası, %13'ü 6,00'ın üstünde pH değerlerine sahiptir.

Çoklu varyans analizinde pH, zamanlar ve örnekler arası önemli bulunmuştur, Kesim sonrası ve 1. saatte ölçülen pH değerleriyle 24. saat ve 48. saatte hesaplanan serbest su oranları, 24. ve 48. saatte yöntem II ve III'e göre hesaplanan su tutma kapasiteleri arasında istatistiksel önemli korelasyon görülmüştür.

SERBEST SU ORANI

Zamanlar itibariyle serbest su oranı kesim ve 1. saatte yakın değerler göstermiş, 24. saatte biraz artmış, 48. saatte ise çok az gerilemiştir. 24. saatte etin rigor mortis fazında veya rigorun yeni bitmiş olması nedeniyle, daha önce % 31,44 - 31,64 arası bulunan serbest su oranı 24. saatte % 35,33; 48. saatte ise % 34,95 olarak hesaplanmıştır. Çoklu varyans analizinde serbest su oranı zaman için önemsiz, hayvanlar arası önemlidir. Serbest su oranı ile su tutma kapasiteleri arasında hesaplanan korelasyon katsayıları önemsiz bulunmuştur.

SU TUTMA KAPASİTELERİ

ZAYAS VE LIN (1988) su tutma kapasitesini 1- (E/T) formülü ile hesaplamış, aynı araştırmacılar 1989' da yayınladıkları ikinci çalışmalarında ise 1- (T/E) formülünü kullanmışlardır. Her iki çalışmada da "yükselen su tutma kapasitesi daha az su çıktığını göstermektedir" açıklaması getirmişlerdir. Örneklere her iki yöntem uygulandığında ilk formüle göre elde edilen sonuçlar çizelgede gösterilmiş, ikinci formül uygulandığında ise tüm örneklerde (-) değerlere rastlandığından çizelgeye dahil edilmemiştir. Yöntem örneklere uygulandığında elde edilen sonuçlar araştırmacıların açıklaması ile çelişmektedir. 1. Formülde elde edilen değer düşük ise su tutma kapasitesi yüksek bulunmaktadır. Böyle bir hesaplama ile su tutma kapasitesi için bir ölçü getirmek ve elde edilen sonuçları istatistiksel değerlendirme yöntemlerinde kullanmak olanaksızdır. Bu nedenle yöntem I'e göre elde edilen sonuçlar genel değerlendirmeye alınmamıştır.

Yöntem II'ye göre hesaplanan su tutma kapasitesi sonuçları incelendiğinde, kesimden sonra 0,67 değeri elde edilmiştir. 1. saatten başlayarak su tutma kapasitesi düşmüş, 24. saatte 0,44 değerine ulaşmıştır. Rigor'un ortadan kalkmasıyla 48. saatte yeniden yükselmeye başlamıştır. Çoklu varyans analizinde zaman ve hayvan değişkenleri önemli bulunmuştur.

III. Yöntem ile hesaplanan su tutma kapasitesi değerlerinde kesimden sonra az bir yükselme ve daha sonra düşüş gözlenmektedir. Çoklu varyansal analizinde zaman değişkeni önemsiz, hayvan değişkeni önemlidir.

HONIKEL (1987) taze ette ve DFD (Koyu, sert, kuru) etlerde E/T oranının yüksek pH değerlerine bağlı olarak 0,50'nin üzerinde olduğunu, pH'nın 5,8'in altına düşmesiyle birlikte su tutma kapasitesinin 0,35-0,45 değerleri arasına indiğini saptamıştır. Bu araştırmada elde edilen bulgular HONIKEL (1987) sonuçlarıyla yakınlık göstermektedir.

KAUFFMAN VE ARK. (1986), 48. saatte PSE (soluk, yumuşak, sulu) etlerde pH = 5,45; serbest su oranı = % 37,1; E/T oranı = 0,24, normal etlerde pH = 5,58; serbest su oranı = % 28,9; E/T oranı = 0,36, DFD etlerde ise pH = 6,30, serbest su oranı = % 26,1; ve E/T = 0,44 olduğunu bildirmektedir. Bu çalışmada elde edilen bulgular da KAUFFMAN VE ARK. (1986)'nın sonuçları ile benzerlik göstermektedir. 48. saatte pH = 5,24-6,03 arasında değişirken, serbest su oranı = % 25,52-44,62; II. yönteme göre ise 0,22-0,36 bulunmuştur.

Kesim ve 1. saatte ölçülen pH değerleri ile, 24. ve 48. saatlerdeki pH, serbest su oranı ve su tutma kapasiteleri (yöntem II; III) arasındaki korelasyon önemli olduğundan regresyon katsayıları hesaplanmış ve Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Kesimde ve 1.Saatte Ölçülen pH Değerleri ile 24. ve 48. Saatlerdeki Serbest Su Oranı ve Su Tutma Kapasitesi Regresyon Denklemleri

	pH Kesim	pH 1. Saat
pH 24. Saat	$\hat{y} = 0,24 x + 4,36$	$\hat{y} = 0,57 x + 2,27$
pH 48. Saat	$\hat{y} = 0,03 x + 5,48$	$\hat{y} = 0,40 x + 3,13$
Serbest Su Oranı 24. Saat (%)	$\hat{y} = 132,22 - 15,18 x$	$\hat{y} = 105,81 - 11,09 x$
Serbest Su Oranı 48. Saat (%)	$\hat{y} = 171,99 - 21,47 x$	$\hat{y} = 164,09 - 20,32 x$
Su Tutma Kap. II.Yöntem 24.Saat	$\hat{y} = 0,02 x + 0,31$	$\hat{y} = 1,27 - 0,13 x$
Su Tutma Kap. II.Yöntem 48.Saat	$\hat{y} = 0,34 - 0,02 x$	$\hat{y} = 0,05 x + 0,15$
Su Tutma Kap. III.Yöntem 24.Saat	$\hat{y} = 0,02 x + 0,16$	$\hat{y} = 0,002 x + 0,27$
Su Tutma Kap. III.Yöntem 48.Saat	$\hat{y} = 0,14 x - 0,62$	$\hat{y} = 0,13 x - 0,56$

SONUÇ VE ÖNERİLER

HAMM (1972) tarafından önerilen; yaklaşık 300 mg kıyılmış etin iki cam plaka arasında 1 kg ağırlıkta 20 dak. süre ile preslenmesi yöntemi (Yöntem II) ve GRAU VE HAMM (1953; 1957)' IN geliştirdiği kompressium yöntemi (Yöntem III) su tutma kapasitesi hesaplaması amacıyla kullanılmaya uygun bulunmuştur. Özellikle Yöntem II' nin kolay uygulanması, ek alet ekipmana gereksinim göstermemesi nedeniyle et ürünleri işletmelerinde hammaddenin su tutma kapasitesinin hesaplanması amacıyla kullanılabilir niteliklidir.

İşletmelerde kesim sonrası ve 1. saatte pH ölçümü yapılarak, 24. ve 48. saatlerdeki Serbest su tutma oranı ve su tutma kapasitelerinin tahmin edilmesi ile hammaddenin pH değerine uygun amaçla kullanımı sağlanabilir.

Preslenmiş süzgeç kağıdının planimetre ile alan ölçümlerinin yapılması yerine scanner ile taranıp, bilgisayarda alan okumasının yapılması yöntemi ilk kez uygulanmış olup, başarılı sonuç alınmıştır. BARGE VE ARK. (1991) optik-elektronik sistem (Video Image Analyzer. Metod B) olarak adlandırdıkları video kamerası, video ve televizyon monitörü ile data terminalden oluşan ölçüm yönteminin planimetre ile elde edilen sonuçlara göre daha sağlıklı olduğunu bildirmişlerdir. Tarama yöntemi ile çalışıldığında da okuma hatası yapılması olanaksız olup, VIA yöntemine göre daha kolaydır.

KAYNAKLAR

- ANONYMOUS, 1990. Official Methods of AOAC, AOAC Virginia, 1298 sayfa.
- BARGE, M.T., G. DESTEFANIS, G. PAGANO TOSCANO, A. BRUGIAPAGLIA, 1991. Two reading techniques of the filter paper press method for measuring meat water-holding capacity. *Meat Sci.* 29, 183-189.
- BISCHOFF, G., G. BAMBERGER, K., BIPPES.1982. Fleischverarbeitung. Schroedel Schulbuchverlag, Hannover, 320 sayfa.
- CORETTI, K., 1971. Rohwurstreifung und Fehlerzeugnisse bei der Rohwurstherstellung. Verlag der Rhein Hessischen Druckwerkstätte, Alzey, 183 sayfa.
- FISCHER, C., K. HOFMANN, R. HAMM, 1976. Erfahrungen mit der Kapillarvolumeter-Methode nach Hofmann zur Bestimmung des Wasserbindungsvermögens von Fleisch. *Fleischwirtschaft*, 56, 1, 91-95.
- FORREST, J.C., E.D. ABERLE, H.B. HEDRICK, M.D. JUDGE, R.A. MERKEL 1975. Principles of Meat Science. W. H. Freeman Comp. New York, 417 s.
- GRAU, R., 1969. Fleisch und Fleischwaren. Paul Parey, Berlin, 312 sayfa.
- HAMM, R., 1972. Kolloidchemie des Fleisches. Paul Parey, Berlin, 95 sayfa.
- HICKS, C.R., 1985. Deney Düzenlemede İstatistiksel Yöntemler (Çev. Z. Muluk, S. Kurt, Ö. Toktamış ve E. Karaoğlu) . Akademi Matbaası, Ankara, 285 sayfa.
- HOFMANN, K., 1982. Bestimmung der Wasserbindung des Fleisches: Schenelle, nichtplanimetrische Auswertung der Filterpapier-Pressmethode. *Fleischwirtschaft*, 62, 3, 346-348.
- HOFMANN, K., R., HAMM, E., BLÜCHEL, 1982. Neues über die Bestimmung der Wasserbindung des Fleisches mit Hilfe der Filterpapierpressmethode. *Fleischwirtschaft*, 62, 1, 87-94.
- HOFMANN, K., P., JOLLEY, E., BLÜCHEL, 1989. Beitrag zur Bestimmung der Wasserbindung des Fleisches: Untersuchungen zur Verbesserung der Zentrifugiermethode. *Fleischwirtschaft*, 60, 9, 1717-1720.
- HONIKEL, K.O., 1987. The Water Binding of Meat. *Fleischwirtschaft*, 67, 9, 1098-1102.
- HONIKEL, K.O., R., HAMM, 1983. Einsatz van Emulgatoren bei der Herstellung von Brühwurst. *Fleischwirtschaft*, 63, 8, 1320-1327.
- HONIKEL, K.O., C-J. KIM. 1986. Causes of The Development of PSE Pork. *Fleischwirtschaft*, 66, 3, 349-353.
- HONKAVAARA, M., 1989. Effect of PSE Pork on The Processing Properties of Cooked Meat Products. *Fleischwirtschaft*, 69, 10, 1573-1574.
- KAUFFMAN, R.G., G., EIKELBOOM, P.G., VAN DER WAL, B., ENGEL, M., ZAAR. 1986. A Comparison of Methods Estimate Water-Holding Capacity in Post-Rigor Porcine Muscle. *Meat Sci.*, 18, 307-322.
- KOCH, H., 1986. Die Fabrikation feiner Fleisch-und Wurstwaren. Deutscher Fachverlag Frankfurt 636 p.
- KONIECKO, E.S., 1985. Handbook of Meat Analysis. Avery Publ. Group Inc. New Jersey, 289 sayfa.
- KORKEALA, H., O., MÄKI-PETÄYS, T., ALANKO, O., SORVETTULA, 1986. Determination of pH in Meat. *Meat Sci.*, 18, 121-132.
- LAWRIE, R.A., 1979. Meat Science. 2nd Ed. Pergamon Press, Oxford, 419 sayfa.
- MITTAL, G.S., S., BARBUT, 1991. Effects of Freezing Rate and Storage Time on The Structural Properties of Minced Meat. *Lebensm.-Wiss.u.-Technol.*, 24, 226-230.
- ÖZTAN, A., 1992. Et Bilimi ve Teknolojisi. H.Ü. Müh. Fak. Yayınları. (Baskıda).
- PETERSON, W.J., 1971. Water in The Science of Meat and Meat Products. J.F. Price, B.S. Schweigert Eds. W.H. Freeman and Company, San Francisco, 177-191.
- POHJA, M.S., F.P., NIINIVAARA, 1957. Die Bestimmung der Wasserbindung des Fleisches mittels der Konstantdruckmethode. *Fleischwirtschaft*, 37, 4, 193-194.
- RENNER, E., 1981. Mathematisch-statistische Methoden in der praktischen Anwendung. Verlag Paul Parey, Berlin, 112 sayfa.
- REUTER, G., 1982. Verfahren zur Erkennung von Fleischqualitätsabweichungen bei Schlachtierkörpern. *Fleischwirtschaft*. 62, 9, 1153-1160.
- ZAYAS, J.F., C.S., LIN, 1988. Quality Characteristics of Frankfurters Containing Corn Germ Protein. *J. Food Sci.*, 53, 6, 1587-1595.
- ZAYAS, J.F., C.S., LIN, 1989. Corn Germ Protein in Frankfurters: Textural Color, and Sensory Characteristics and storage Stability. *J. Food Quality*, 12, 283-303.