

**SERUM AYIRMA PH'SININ
MANDA SÜTÜNDEN YAPILAN MOZZARELLA PEYNİRİNİN
FİZİKOKİMYASAL VE DUYUSAL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ**

ÇAĞIM AKBULUT

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SERUM AYIRMA PH'SININ MANDA SÜTÜNDEN YAPILAN MOZZARELLA
PEYNİRİNİN FİZİKOKİMYASAL VE DUYUSAL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE
ETKİSİ**

Çağm AKBULUT

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**DANIŞMAN
Doç. Dr. Fehmi YAZICI**

SAMSUN 2007

SERUM AYIRMA pH'SININ MANDA SÜTÜNDEN YAPILAN MOZZARELLA PEYNİRİNİN FİZİKOKİMYASAL VE DUYUSAL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

ÖZET

Bu araştırmada Mozzarella peynirlerinin üretim aşamalarında pH standardizasyonunun, peynirlerin başta kalsiyum konsantrasyonu olmak üzere kimyasal kompozisyonuna ve olgunlaştırmanın 1. ve 28. günlerinde fizikokimyasal ve duyuşal özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir. Üretimde pH standardizasyonu ile, peynirlerin fizikokimyasal özelliklerinin gelişimine önemli etkisi olduğu bilinen kalsiyumca dört farklı konsantrasyonda Mozzarella peyniri elde edilmiştir. Bu amaçla, mayalama ve serum ayırma pH'ları sırasıyla kontrolde (A peyniri) 6.4-6.2, B peynirinde 6.2-5.9, C peynirinde 5.9-5.6 ve D peynirinde 5.6-5.3 olmak üzere dört grup Mozzarella peyniri üretilmiştir. Elde edilen peynir örneklerinde, genel bileşim analizleri olarak, kuru madde, yağ, protein, kül, tuz, kalsiyum ve fosfor, üretimin 1. ve 28. günlerinde pH, asitlik, erime, ayrılabilir serum, Hunter L, a ve b değerleri, görünüş, yapı, tat ve genel kabul edilebilirlik analizleri yapılmıştır.

Serum ayırma pH'larındaki düşüşe paralel olarak kül, kalsiyum ve fosfor konsantrasyonları düşmüştür. Peynirlerin kalsiyum konsantrasyonları A peynirinde 886.5, B peynirinde 763.8, C'de 706.6 ve D peynirinde 587.7 mg/100 g olarak tespit edilmiştir. Peynirlerde kalsiyum konsantrasyonunun düşürülmesi eriyebilirliği ilk gün önemli seviyede arttırmış, ancak çok düşük kalsiyum seviyesi (D peynirleri) eriyebilirliği olumsuz etkilemiştir. Olgunlaştırma ile D peynirleri hariç eriyebilirlik özelliklerinde gelişme görülmüştür. Peynirlere ait pişirme sonrası L değerleri (beyazlık), serum ayırma pH'sındaki düşüşe paralel olarak olgunlaştırma süresince yükselmiştir. Duyusal açıdan ilk gün analizlerinde A peynirlerinin beğenilmediği, C ve D peynirlerinin beğeni görüdüğu, olgunlaştırma sonucunda ise A ve B peynirlerinin duyuşal açıdan önemli gelişme kaydettiği, buna karşın D peynirlerinin beğenilmediği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Mozzarella peyniri, kalsiyum, serum ayırma pH'sı, fizikokimyasal ve duyuşal özellikler

**THE EFFECT OF WHEY DRAINING PH ON SOME PHYSICOCHEMICAL
AND SENSORY PROPERTIES OF MOZZARELLA CHEESE MADE FROM
BUFFALO MILK**

ABSTRACT

In this study, the effects of pH standardization in the production stages on basically calcium concentration and chemical composition, and physicochemical and sensor properties of Mozzarella cheese at 1st and 28th days of storage were examined. Four different calcium levels obtained by varying the pH of the curd were studied. For this purpose, four groups of Mozzarella cheeses with setting and serum draining pH values were in the order of 6.4 and 6.2 at control cheeses (A); 6.2 and 5.9 at B cheeses; 5.9 and 5.6 at C cheeses and 5.6 and 5.3 at D cheeses, respectively. Cheese samples were analyzed for pH, acidity, melting, expressible serum, Hunter L, a and b values, appearance, texture, aroma and general acceptability throughout storage and samples were analyzed for total solids, fat, protein, ash, salt, calcium and phosphorus at the first day.

Ash, calcium and phosphorus concentrations decreased as the whey draining pH declined. Calcium concentrations of cheeses were 886.5 for A, 763.8 for B, 706.6 for C and 587.7 mg/100 g for D cheeses. Reducing the calcium content of cheeses increased the first day meltability values significantly, but, too low calcium levels (D cheeses) had a negative effect on the meltability. Melting properties of cheese samples, except D cheeses were improved by aging. L values (whiteness) of cheeses after cooking increased as the whey draining pH decreased during storage. A-cheeses were unacceptable, but C and D cheeses were preferred by the panelists on the first day of storage. By aging, sensorial properties of A and B-cheeses were improved, but D cheeses were found unacceptable.

Keywords: Mozzarella cheese, calcium, whey draining pH, physicochemical and sensory properties

TEŞEKKÜR

Başta bölüm başkanımız sayın hocam Prof. Dr. A. Kadir Hurşit olmak üzere, tez konumun belirlenmesinde ve çalışmaların yürütülmesinde özveriyle yol gösteren ve büyük emeği geçen değerli hocam sayın Doç. Dr. Fehmi Yazıcı'ya, tezin her aşamasında destek ve katkılarıyla arkamızda olan sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Muhammed Dervişoğlu'na, yoğun geçen laboratuvar çalışmalarında yardımları için sayın hocam Araş. Gör. Abdullah Akgün ve Araş. Gör. Oğuz Aydemir'e ve de destekleriyle her zaman yanımda hissettiğim aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	3
2.1. Mozzarella Peyniri Üretimi Hakkında Genel Bilgi.....	3
2.1.1. Geleneksel Mozzarella peyniri üretimi.....	3
2.1.2. Düşük Nemli Mozzarella Peyniri Üretimi.....	3
2.2. Mozzarella Peynirinin Kompozisyonel ve Fizikokimyasal Özellikleri Üzerine Çeşitli Üretim Parametreleri ve Bileşim Unsurlarının Etkileri.....	4
2.2.1. pH ve Kalsiyum Konsantrasyonu.....	4
2.2.2. Yağ, Nem ve Tuz Miktarı.....	13
2.2.3. Starter Kültür.....	18
2.2.4. Koagülant Tipi ve Miktarı.....	24
2.2.5. Dondurma-Çözündürme.....	26
2.2.6. Homojenizasyon.....	28
2.2.7. Diğer Üretim Parametrelerinin Etkileri	31
2.3. Mozzarella Peyniri Üzerine Yapılan Diğer Araştırmalar.....	34
3. MATERYAL VE METOT.....	41
3.1. Materyal.....	41
3.1.1. Süt.....	41
3.1.2. Starter kültür.....	41
3.1.3. Peynir Mayası.....	41
3.1.4. Tuz.....	41
3.1.5. Ambalaj Materyali.....	42
3.1.6. Analizlerde kullanılan kimyasal maddeler.....	42
3.2. Metot.....	42
3.2.1. Deneme Planı.....	42
3.2.2. Mozzarella Peynirlerinin Üretimi.....	42
3.2.3. Hammadde Analizleri.....	45
3.2.3.1. Süt Analizleri.....	45
3.2.3.1.1. pH Değeri.....	45
3.2.3.1.2. Titrasyon Asitliği.....	45

3.2.3.1.3. Maya Kuvveti Testi.....	45
3.2.3.1.4. Kuru Madde Tayini.....	45
3.2.3.1.5. Kül Tayini.....	46
3.2.3.1.6. Yağ Tayini.....	46
3.2.3.1.7. Toplam Protein tayini	46
3.2.3.1.8. Kalsiyum Tayini.....	47
3.2.3.1.9. Fosfor Tayini.....	47
3.2.4. Peyniraltı Suyu Analizleri.....	47
3.2.4.1. pH Değeri.....	47
3.2.4.2. Titrasyon Asitliği.....	48
3.2.4.3. Kuru Madde.....	48
3.2.4.4. Yağ.....	48
3.2.4.5. Protein.....	48
3.2.4.6. Kül tayini.....	48
3.2.4.7. Kalsiyum Tayini.....	48
3.2.4.8. Fosfor Tayini.....	48
3.2.5. Haşlama Suyu Analizleri.....	48
3.2.5.1. pH.....	48
3.2.5.2. Titrasyon Asitliği.....	48
3.2.5.3. Kurumadde.....	49
3.2.5.4. Yağ.....	49
3.2.5.5. Toplam Protein.....	49
3.2.5.6. Kül tayini.....	49
3.2.5.7. Kalsiyum Tayini.....	49
3.2.5.8. Fosfor Tayini.....	49
3.2.5.9. Tuz Tayini.....	49
3.2.6. Deneme Peynir Örneklerinin Analizleri.....	49
3.2.6.1. Örneklerin Analize Hazırlanması.....	49
3.2.6.2. Genel Bileşim Analizleri.....	50
3.2.6.2.1. Kuru madde.....	50
3.2.6.2.2. Yağ	50
3.2.6.2.3. Toplam Protein.....	50
3.2.6.2.4. Tuz.....	50

3.2.6.2.5. Kül.....	51
3.2.6.2.6. Kalsiyum.....	51
3.2.6.2.6. Fosfor.....	52
3.2.6.3. Fizikokimyasal ve Duyusal Analizler	52
3.2.6.3.1. pH.....	52
3.2.6.3.2. Titrasyon Asitliği.....	52
3.2.6.3.3. Ayrılabilir Serum.....	53
3.2.6.3.4. Erime Testi.....	53
3.2.6.3.5. Renk Ölçümü	53
3.2.6.3.6. Duyusal Analiz.....	54
3.2.7. İstatistiksel Analizler.....	54
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	57
4.1. Manda Sütünün Standardizasyonu.....	57
4.2. Peynir Altı Sularının Analiz Sonuçları.....	57
4.3. Haşlama Sularının Analiz Sonuçları.....	59
4.4. Mozzarella Peynirlerine Ait Analiz Sonuçları.....	61
4.4.1. Mozzarella Peyniri Üretim Prosesinin Detayları ve Randımanlar.....	61
4.4.2. Genel Bileşim Sonuçları.....	64
4.4.2.1. Kuru Madde.....	64
4.4.2.2. Yağ.....	65
4.4.2.3. Kuru Maddede Yağ.....	65
4.4.2.4. Protein.....	66
4.4.2.5. Tuz.....	66
4.4.2.6. Kül.....	66
4.4.2.7. Kalsiyum.....	67
4.4.2.8. Kalsiyum/Protein Oranı.....	69
4.4.2.9. Fosfor.....	70
4.4.3. Depolama Süresinin Mozzarella Peynirlerinin Fizikokimyasal ve Duyusal Özellikleri Üzerine Etkileri.....	71
4.4.3.1. pH değeri.....	71
4.5.3.2. Titrasyon Asitliği.....	73
4.5.3.3. Ayrılabilir Serum	74
4.5.3.4. Mozzarella Peynirlerinde Eriyebilirlik Testi Sonuçları.....	76
4.4.3.5. Renk Ölçümü Sonuçları.....	78
4.4.3.5.1. Direk Ölçüm Sonuçları.....	78

4.4.3.5.2. Mozzarella Peynirlerinde Pişirme Sonrası Renkte Meydana Gelen Değişimler.....	79
4.4.3.6. Mozzarella Peynirlerinde Duyusal Değerlendirme Sonuçları	83
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	87
6. KAYNAKLAR.....	90

ŞEKİL LİSTESİ**Sayfa No**

Şekil 3.1. Mozzarella Peynirleri Üretim Akım Şeması	44
--	----

TABLO LİSTESİ

	Sayfa No
Tablo 3.1. Analizlerde kullanılan kimyasal maddeler.....	42
Tablo 3.2. Mozzarella peynirinin duysal değeriendirilmesinde kullanılan form.....	55
Tablo 3.3. Değeriendirmede Kullanılan Kriterler.....	56
Tablo 4.1. Mozzarella peynirlerinin yapımında kullanılan standardize edilmiş pastörize manda sütü bileşimi.....	57
Tablo 4.2. Mozzarella peynirlerine ait peynir altı sularının kimyasal kompozisyonu....	58
Tablo 4.3. Mozzarella peynirlerine ait haşlama sularının kimyasal kompozisyonu.....	59
Tablo 4.4. Mozzarella peynirlerinin üretim aşamalarının detayları.....	62
Tablo 4.5. Üretimde Kullanılan Süt Miktarları ve Peynir Verimleri.....	63
Tablo 4.6. Mozzarella peynirlerine ait kimyasal kompozisyon.....	64
Tablo 4.7. Ortalama kalsiyum konsantrasyonları ve üretim sırasında ayrılan kalsiyum oranları.....	69
Tablo 4.8. Depolama süresince Mozzarella Peynirlerinin pH değerilerinde görülen değerişimler.....	71
Tablo 4.9. Depolama süresince Mozzarella Peynirlerinin titrasyon asitliği değerilerinde görülen değerişimler.....	73
Tablo 4.10. Serum ayırma pH'sının depolama süresince Mozzarella peynirlerinin ayrılabilir serum ve ayrılmayan serum (% ve g/g protein olarak) miktarları üzerine etkisi	74
Tablo 4.11. Serum ayırma pH'sının depolama süresince Mozzarella peynirlerinde modifiye Schreiber testi sonucunda elde edilen erime alanı değerieleri üzerine etkileri.....	76
Tablo 4.12. Serum ayırma pH'sının depolama süresince Mozzarella peyniri iç kesatine ait <i>L</i> , <i>a</i> ve <i>b</i> değerieleri üzerine etkileri.....	78
Tablo 4.13. Serum ayırma pH'sının depolama süresince Mozzarella peynirlerinde pişirme sonrası <i>L</i> , <i>a</i> , <i>b</i> değerieleri üzerine etkileri.....	80
Tablo 4.14. Serum ayırma pH'sının depolama süresince Mozzarella peynirlerinde duysal değeriendirme sonucu elde edilen görünüş puanları üzerine etkisi.....	83
Tablo 4.15. Serum ayırma pH'sının depolama süresince Mozzarella peynirlerinde duysal değeriendirme sonucu elde edilen yapı puanları üzerine etkisi	84

- Tablo 4.16.** Serum ayırma pH'sının depolama süresince Mozzarella peynirlerinde duyuşal değerlendirme sonucu elde edilen aroma puanları üzerine etkisi...84
- Tablo 4.17.** Serum ayırma pH'sının depolama süresince Mozzarella Peynirlerinde duyuşal değerlendirme sonucu elde edilen genel kabul edilebilirlik puanları üzerine etkisi.....85

1. GİRİŞ

Mozzarella; pasta-filata tip peynir ailesinden olgunlaştırılmadan tüketilen ünlü bir İtalyan peyniridir. Pasta-filata peynirleri son ürüne karakteristik lifli yapısını, erime ve uzama özelliklerini veren taze pıhtının sıcak suda plastiziye edilmesi ve yoğrulması aşamasıyla ayırt edilir. Mozzarella adı “mozzo (birkaç parçaya ayrılmış)” sözcüğünden kökenlenmiş ve bu sözcük, Napoliten lehçesinde mozzarella halini almıştır. Bu peynir üretildiği bölgelere göre adlandırılmaktadır. Neapel ve Caserta yöresinde üretilenlere “Mozzarella dei Mozzoni”, “Mozzarella dei Garigliano”, “Mozzarella abotte”; Avellino’da üretilenlere “Mozzarella di Montella” ve Salerno yöresindekilere “Mozzarella di Battipaglia” denilmektedir. İnek sütünden yapılanlar “Mozzarella Fiordilatte” ya da “Bocconcino” veya “Becconcini” olarak adlandırılmaktadır. Çoğunlukla küresel veya yumurta biçiminde, 10-15 cm çapında ve 125-350 g ağırlığındadır. Ancak daha küçük çaplı ve daha irileri de vardır. Saç örgüsü biçiminde Trece di Mozzarella denilen peynirlere de rastlanmaktadır (Kindstedt, 1993; Üçüncü, 2004).

Birleşmiş Milletlerde mozzarella peyniri nem miktarı ve kuru maddede yağ oranının baz alındığı standartlara bağlı olarak dört farklı gruba ayrılmıştır. Yarım yağlı yüksek nem içerikli (% 52-62 nem, % 30-45 yağ) mozzarella yumuşak bir tekstüre sahiptir ve genellikle taze tüketilir. Zayıf dilimlenebilme ve kümelenme özelliklerinden ve sınırlı raf ömründen dolayı pizzada nadir olarak kullanılır. Buna karşın düşük nem içerikli yarım yağlı mozzarella (% 45-52 nem, % 30-45 yağ) daha uzun ömürlüdür, serttir, iyi uzama kabiliyeti gösterir ve pizza gibi ürünlerde kullanılır (Kindstedt, 1993).

Gerçek mozzarella peyniri manda sütünden üretilir ve saf manda sütü dışında yapılan üretimlerde mozzarellanın karakteristik lezzetine ulaşamamaktadır. Manda sütü, süt teknolojisinde kullanılan sütler arasında yağ oranı açısından en yüksek değere sahiptir. Kuru madde oranı ortalama % 17 civarında olup, bunun % 7’si süt yağı, % 3.5-4’ü protein, % 5-5.5’i laktoz ve % 0.8’i külden oluşur ve rengi inek sütünden daha beyazdır. Peynir üretiminde kazein, dolayısıyla da protein önemli bir faktördür. Kazein oranının % 1 artması, aynı miktar süttten elde edilen peynir miktarını % 1.2 oranında yükseltmektedir. 1 kg peynir üretimi için 8 kg inek sütü kullanılması gerekirken, aynı miktarda peynirin yapımında 5 kg manda sütü

yeterlidir. Çünkü manda sütünün kuru madde, yağ ve protein oranı inek sütünden fazladır (Şekerden, 2001).

Ülkemiz önemli bir manda sütü potansiyeline sahiptir. Bununla birlikte bu manda sütleri endüstriyel olarak gerektiği gibi değerlendirilememektedir. Bunun bir örneğini Samsun'un Bafra ilçesinde görülmektedir. Bafra göller yöresinde mevcut bulunan manda populasyonundan gerektiği gibi faydalanılmadığından sayıları her geçen gün tükenmekte ve bölgenin doğal ekolojik yapısı bozulmaktadır. Bugün dünya çapında çok yaygın tüketilen ve daha çok pizza yapımında kullanılan mozzarella peyniri esas olarak manda sütünden yapılmaktadır, ancak dünyanın bir çok yerinde manda sütü yeterince temin edilemediğinden inek sütü kullanılmaktadır. Ülkemizde de sınırlı seviyede yapılan mozzarella peyniri üretimlerinde daha çok inek sütü kullanılmaktadır.

Bu araştırma kapsamında manda sütünden mozzarella peyniri üretim aşamalarının standardizasyonu üzerine çalışılmıştır. Mozzarella peynirlerinin üretim aşamalarında pH standardizasyonunun, peynirlerin başta kalsiyum konsantrasyonu olmak üzere kimyasal kompozisyonuna ve olgunlaştırmanın 1. ve 28. günlerinde fizikokimyasal ve duyuşal özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1. Mozzarella Peyniri Üretimi Hakkında Genel Bilgi

Farklı kuru madde oranlarına ve farklı dayanıklılığa sahip başlıca iki tip mozzarella peyniri üretilmektedir. Bunlardan biri daha çok endüstriyel olarak pizza yapımında kullanılmak amacıyla üretilen raf ömrü uzun, düşük nem içerikli mozzarella peyniri iken diğeri taze tüketilmesi gereken yüksek nem içeriğindeki geleneksel mozzarella peyniridir. Geleneksel mozzarella peyniri yüksek nem içeriğinden dolayı sınırlı raf ömrüne sahiptir, yumuşaktır ve zayıf dilimlenme ve kümelenme özelliklerinden dolayı pizzada nadiren kullanılır. Buna karşın, düşük nem içerikli mozzarella daha uzun ömürlüdür, serttir, iyi esneme ve uzama özelliği gösterir ve daha çok pizza yapımında kullanılır. Yüksek ve düşük nem içerikli mozzarella peynirlerinin üretim yöntemleri farklılık göstermektedir (Kindstedt, 1993).

2.1.1. Geleneksel Mozzarella Peyniri Üretimi

Süt, standardizasyon ve pastörizasyon sonrasında, pıhtı asidifikasyonunun yavaş olması için % 0.10-0.05 gibi düşük oranlarda *Streptococcus salivarius ssp. thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus* içeren termofilik kültürlerle ya da daha çok *Lactococcus lactis ssp. lactis* ve *Lactococcus lactis ssp. cremoris* benzeri mezofilik laktik starter kültürleri ile düşük tekne sıcaklıklarında (32-35 °C) inoküle edilir. Bazı geleneksel uygulamalarda starter olarak bir önceki gün üretiminden ayrılan peynir altı suyu kullanılmaktadır. Rennet ilavesi ile süt mayalanır ve pıhtı kesiminden sonra bir süre beklenilip peynir altı suyu ayrılır. Pıhtı soğuk su ile yıkanır, belli büyüklükte parçalara bölünüp üzeri örtülerek bir ila üç gün pH 5.2-5.4 değerine ulaşana kadar soğuk ortamda olgunlaştırılır. Daha sonra öğütülen pıhtı 82 °C'deki suda haşlanıp yoğrulur. Şekil verildikten sonra soğuk su ile yıkanıp soğutulur ve % 23 tuz konsantrasyonundaki soğuk salamurada % 1 oranında tuz içerecek şekilde 2-12 saat bekletilir (Kosikowski, 1982; Kindstedt, 1993).

2.1.2. Düşük Nemli Mozzarella Peyniri Üretimi

Endüstriyel olarak düşük nemli mozzarella peyniri üretiminde sütün ön asitlendirilmesi için starter veya asit kullanılmaktadır. Asit yöntemi en hızlı yöntemdir ve maya katıldıktan 45 dakika sonra teleme haşlanıp yoğrulmaya hazır hale gelir. Starter

yönteminde pastörize edilen süt 32-37 °C'ye getirilir ve genellikle *Streptococcus salivarius ssp. thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus* içeren termofilik kültürlerle % 0.5 oranında inoküle edilir. Süt yaklaşık 30 dakika olgunlaştırıldıktan sonra peynir mayası katılır. Pıhtı kesilir, süzülür ve pH 5.5-5.2 oluncaya kadar olgunlaştırılır. Olgunlaştırma süresi 2-4 saat arasında değişmektedir. Pıhtının kesilme aşamasından haşlama-yoğurma aşamasına kadar olan olgunlaştırma işlemi farklı yöntemlerle yapılabilmektedir. Bazı yöntemlerde serum kademeli olarak ayrılarak asitlik gelişimi sağlanırken bazılarında serum tamamen ayrıldıktan sonra pıhtı olgunlaşmaya bırakılır. pH 5.2-5.4'e ulaştığında pıhtı blokları öğütülür ve pıhtı sıcaklığının 58 °C'ye ulaşması sağlanacak şekilde 70-80 °C'deki suda haşlanarak yoğrulup gerdirilir. Şekil verildikten sonra soğuk salamurada soğutulur. Tuzlama işlemi salamurada yapılabildiği gibi, pıhtının öğütülme aşamasında kuru tuzlama olarak ya da haşlama suyuna ilave edilerek de yapılabilir. Bu durumda peynirlerin yoğurma sonrasında soğuk salamurada bekletilmesine gerek kalmamakta ve peynir içinde tuz dağılımı daha homojen olmaktadır (Kosikowski, 1982; Kindstedt, 1993; Üçüncü, 2004).

2.2. Mozzarella Peynirinin Kompozisyonel ve Fizikokimyasal Özellikleri Üzerine Çeşitli Üretim Parametreleri ve Bileşim Unsurlarının Etkileri

2.2.1. pH ve Kalsiyum Konsantrasyonu

Sheehan ve Guinee (2003), pH ve kalsiyum miktarının, yağ oranı azaltılmış mozzarella peynirinin biyokimyasal, tekstürel ve fonksiyonel özellikleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Üretim sırasında pH'yı düşürmek için starter kültür (kontrol), laktik asit (direk asitlendirme, [DA]) veya starter kültür-laktik asit (DAS) kombinasyonunun kullanıldığı yağ oranı azaltılmış mozzarella peynirleri pH ve kalsiyum içeriği bakımından gruplandırılmıştır (kontrol 5.42 ve 28.58, DA 5.98 ve 19.38, DAS1 5.64 ve 18.54, DAS2 5.49 ve 18.31). Kontrol peynirlerine kıyasla direk asitlendirilmiş ve asit-starter peynirleri daha yüksek nem içeriği ve ayrılmayan serum (g/g protein) ile düşük oranlarda proteine sahiptir. DA peynirdeki 5.89 pH'nın DAS peynirinde 5.64'ün altına düşürülmesi, starter kültür ilavesiyle serum ayrılması ve pıhtı işleme zamanı arasındaki sürenin uzatılması ısı işlem görmemiş peynirde, birincil proteolizisi ve eritilmiş peynirde uzayabilirlik ve akışkanlığı artırmıştır.

Kindstedt ve ark. (2001), peynir pH'sını, üretim sonrasında peynir dilimlerine uçucu amonyak veya asetik asit uygulayarak değiştirmenin, peynirin erime karakteristiklerine ve kalsiyum dağılımına etkisini araştırmışlardır. Bu yaklaşım, bileşim üzerinde büyük değişikliklere yol açmadan peynir pH'sının geniş bir aralıkta değiştirilebilmesini sağlamıştır. Düşük nemli, yarım yağlı mozzarella peynirleri daha lifli ve elastik bir kıvamda erime göstermiş ve görünür viskozite pH değerinin 5.0'den 7.0'e doğru yükselmesiyle artmıştır. Tersi durumda peynirler, pH değerinin 5.0'in altına düşmesiyle erime ve akışkanlıklarını kaybederken pH 5.0'den 4.7'ye doğru düştükçe görünür viskozitede artış olmuştur. Suda çözünür kalsiyum, pH düştükçe, özellikle de 5.0-4.7 aralığında artmıştır. Sonuçlar mozzarella peyniri pH'sının, diğer önemli parametrelerden bağımsız olarak yapı ve fonksiyonel karakteristikler üzerinde güçlü bir belirleyici olduğunu göstermiştir. Mozzarella peynirinde olgunlaşmanın farklı aşamalarında pH'nın etkisinin daha iyi anlaşılması, fonksiyonel özelliklerin kontrolünde yeni stratejilerin geliştirilmesini sağlayacaktır.

Ghosh ve Singh (1996), mozzarella peynirlerinde gerdirme yoğurma aşamasında pıhtı titrasyon asitliği değerinin (% 0.5, 0.6, 0.7 ve 0.8) etkisi üzerine çalışmışlardır. Yağ oranı % 4'e ayarlanmış manda sütünden starter kültür kullanarak yaptıkları mozzarella peynirlerinden, yoğurma aşamasında % 0.75-0.80 pıhtı titrasyon asitliğinde üretilenler diğerlerinden daha iyi yapıda ve parlak pürüzsüz bir görünümde olmuşlardır. Asitliğin artmasıyla, peynirlerdeki nem miktarı azalır, haşlama suyuna kuru madde kaybı artarken eriyebilirlik ve uzayabilirlik özellikleri gelişmiştir.

Joshi ve ark. (2004a), kalsiyumun, yarım yağlı mozzarella peynirinin mikrotekstür ve eriyebilirliği üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada, 4 farklı kalsiyum seviyesinde (kontrol % 0.65, T1 % 0.48, T2 % 0.42 ve T3 % 0.35) mozzarella peyniri üretmişlerdir. Peynirlerin mikrotekstür ve eriyebilirliği 1. ve 30. günlerde ölçülmüştür. Mikrograflar, yağ partiküllerinin sayısı, alan, çap, yuvarlaklık ve boyutu açısından değerlendirilmiştir. Kalsiyumu azaltılmış peynirlerin, daha iyi eriyebilirlik ve hidrate olmuş protein matriksiyle, fazla sayıda yağ partikülüne sahip olduğu bulunmuştur. Yağ partiküllerinin alan ve çapı daha büyük bulunmuştur. 30 gün depolamanın sonunda yağ partiküllerinin, alan, çap ve boyutu büyürken, yuvarlaklıkları azalmıştır. Tüm peynirlerde soğuk depolama sırasında protein matriksindeki serbest serum miktarı azalmıştır. Düşük kalsiyum miktarına sahip peynirlerdeki hidrate olmuş protein ağı ve

yağın daha iyi emülsifiye olmuş olmasının, mozzarella peynirinin erime özelliklerini iyileştirmiş olabileceği kanısına varılmıştır .

Metzger ve ark. (2000), asetik asit veya sitrik asitle ön asitlendirme işleminin, az yağlı mozzarella peynirinin kompozisyonu ve verimi üzerine etkisini araştırmışlardır. İki deneme üretimi yapmışlardır. 1. denemede, asitlendirme uygulanmayan kontrol, sitrik asitle pH 6.0'a asitlendirme ve sitrik asitle pH 5.8'e asitlendirme olmak üzere 3 farklı peynir 3 tekerrürlü olarak üretilirken; 2. denemede, kontrol, pH 6.0 ve 5.8'e asetik asitle asitlendirme ve pH 5.8'e sitrik asitle asitlendirme olmak üzere 4 farklı peynir 4 tekerrürlü olarak üretilmiştir. pH 5.8'e sitrik asitle asitlendirilen peynirlerde kalsiyum miktarı, aynı pH değerine asetik asitle asitlendirilenlerden daha düşük bulunmuştur. Yağ miktarındaki farklılıklar, ön asitlendirmeye bağlı olarak değişmiştir. Ön asitlendirme nedeniyle peynirde kalan kalsiyum ve protein miktarındaki düşüş, peynir verimini azaltmıştır. Sitrik asitle pH 6.0 ve 5.8'e asitlendirme verimi % 2.5 ve % 5.5 düşürürken, asetik asitle pH 6.0 ve 5.8' asitlendirme % 2.2 ve % 3.4 düşürmüştür .

Metzger ve ark. (2001a), asetik asit veya sitrik asitle ön asitlendirme işleminin, depolama sırasında az yağlı mozzarella peynirinin kimyasal ve fonksiyonel özellikleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Ön asitlendirme uygulanmayan kontrol, pH 6.0 ve 5.8'e asetik asitle asitlendirme ve pH 5.8'e sitrik asitle asitlendirme ile olmak üzere 4 farklı peynir 4 tekerrürlü olarak üretilmiştir. Peynirlerin kimyasal kompozisyonu benzer bulunurken, ön asitlendirme uygulanan peynirlerde kalsiyum konsantrasyonu ve proteinin yüzdesi olarak kalsiyum miktarı daha düşük çıkmıştır. Soğuk depolama sırasında en çok, pH 5.8'e sitrik asitle asitlendirilen az yağlı mozzarella peynirinin kimyasal ve fonksiyonel özellikleri etkilenmiştir. Ayrılabilir serum miktarı, erime öncesi peynir beyazlığı, sertlik ve görünür viskozite ön asitlendirmeye birlikte düşüş göstermiştir. Erime öncesi peynir sertliği ve viskozitenin pH 5.8'e sitrik asitle asitlendirme uygulaması yapılarak üretilen peynirlerde düşük olması, az yağlı mozzarella peynirinin kısa süreli bir olgunlaştırma ile daha iyi pizza pişirme karakteristikleri kazandığını göstermektedir.

Metzger ve ark. (2001b), asetik asit veya sitrik asitle ön asitlendirme işleminin, az yağlı mozzarella peynirinin erime sonrası çiğnenebilirliği ve beyazlığı üzerine etkisini araştırmışlardır. Ön asitlendirme uygulanmayan kontrol, pH 6.0 ve 5.8'e asetik asitle asitlendirme ve pH 5.8'e sitrik asitle asitlendirme olmak üzere 4 farklı peynir 4

tekerrürlü olarak üretilmiştir. Toplam ve suda çözünür kalsiyum miktarları ön asitlendirme uygulamasıyla yapılan peynirlerde daha düşük bulunmuş. Depolama sürecinde pH değeri gibi kalsiyum miktarları da değişme göstermiş. Erime sonrası çiğnenebilirlik ve beyazlık sütün asitlendirilmesi işleminden etkilenmiştir. En büyük kalsiyum azalması ve çiğnenebilirlik ile beyazlık değişimi pH 5.8'e sitrik asitle asitlendirme yapılan peynirlerde oluşmuştur. İstatistiksel analizler, suda çözünmeyen kalsiyum ve proteolizin az yağlı mozzarella peynirinde erime sonrası çiğnenebilirlik ve beyazlığı etkilediğini göstermiştir. Yüksek seviyede proteoliz ve düşük miktardaki suda çözünmeyen kalsiyum erime sonrası çiğnenebilirlik ve peynir beyazlığını azaltmaktadır.

Joshi ve ark. (2004c), yarım yağlı mozzarella peynirinin viskoelastik özellikleri üzerine kalsiyum, depolama ve test sıcaklığının etkisini araştırdıkları çalışmada dört farklı kalsiyum seviyesinde (% 0.65 kontrol, % 0.48 T1, % 0.42 T2, % 0.35 T3) mozzarella peyniri üretmişlerdir. 1., 7., 15. ve 30. günlerde peynirlerde elastikiyet ve viskozite modülleri ölçülmüş, düşük kalsiyumlu peynirler düşük elastikiyet ve viskozite modülüne sahip bulunmuştur. Depolama süresince peynirlerin viskoelastik özelliklerinde bir düşüş gözlenmiştir. 30 günlük depolama sonrasında kontrol peyniri ve en düşük kalsiyum konsantrasyonuna sahip peynirlerin elastikiyet modülü önemli düzeyde düşüş göstermiş, benzer düşüş viskozite modülünde de görülmüştür.

Guinee ve ark. (2002), pH ve kalsiyum konsantrasyonunun mozzarella peynirinin bazı fonksiyonel ve tekstürel özellikleri üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada, direk asitlendirmeye (DA) (laktik asit veya laktik asit + glukono delta lakton karışımı) ve starter kültür kullanarak (kontrol) toplam 4 farklı peynir üretmişlerdir. Kalsiyum miktarları ve pH değeri mayalama, serum ayırma ve yoğurma aşamalarında pH ayarlaması ile kontrol altına alınmıştır. 1. gün ortalama pH değerleri ve kalsiyum konsantrasyonları (mg/g protein) sırasıyla, CL(kontrol): 5.42 ve 27.7, DA1: 5.96 ve 21.8, DA2: 5.93 ve 29.6, DA3: 5.58 ve 28.7'dir. Yüksek pH değerine sahip peynirlerde (pH 5.9) kalsiyumun 29.6'dan 21.8 mg/g protein seviyesine düşürülmesi, protein miktarında belirgin bir azalma ve nem içeriği ile ortalama ayrılmayan serum miktarında artışa yol açmıştır. Kalsiyum konsantrasyonundaki azalma ayrıca, 1. günde daha şişmiş ve hidrate olmuş bir para-kazein matriksinin oluşmasına neden olmuştur. 70 günlük depolama süresince bu peynirlerde akışkanlık ve uzayabilirlik artmış, yine Ca konsantrasyonu düştükçe erimiş peynirde sıvılaşma artmıştır. Yüksek pH, yüksek Ca

konsantrasyonuna sahip peynirlerde akışkanlık ve uzayabilirlik, kontrol peynirlerinden düşük bulunmuştur. Yüksek kalsiyumlu peynirlerin pH değerini 5.95'den 5.58'e düşürmek, eritilmiş peynirlerde akışkanlık, uzayabilirlik ve sıvılaşmayı artırmıştır. Benzer pH ve Ca konsantrasyonundaki peynirler arasında asitlendirme yöntemi farkının kompozisyon, mikrotekstür, akışkanlık, uzayabilirlik ve eritilmiş peynirlerde sıvılaşma üzerine çok küçük bir etkisi olmuştur.

Feeney ve ark. (2002), mozzarella peynirde pH ve kalsiyum konsantrasyonunun proteoliz üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada, direk asitlendirmeye (laktik asit veya laktik asit + glukono delta lakton karışımı) ve starter kültür kullanarak (kontrol) toplam 4 farklı peynir üretmişlerdir. Kalsiyum konsantrasyonu ve pH, 4 °C'de 70 günlük depolama boyunca mozzarella peynirlerindeki proteoliz tipi ve yayılmasını önemli ölçüde etkilemiştir. Benzer pH değerindeki peynirlerin Ca/kazein oranınının 29'dan 22 mg/g protein seviyesine düşürülmesi nem miktarı ile birincil ve ikincil proteolizde belirgin bir artışa yol açmıştır. Benzer nem içeriğine sahip asitlendirilerek yapılan peynirlerde Ca konsantrasyonu 29 mg/g proteinde sabit tutulduğunda pH'nın 5.5'den 5.9'a çıkarılması birincil proteolizde bir düşüş meydana getirmiş, ikincil proteolizde değişim olmamıştır. Benzer kompozisyona sahip kontrol ile asitlendirilerek yapılan peynirler karşılaştırıldığında kontrol peynirinin daha fazla α_1 -CN parçalanmasına, pH 4.6'da ve % 5'lik PTA'de çözünür azota sahip olduğu görülmüştür.

Yun ve ark. (1993a), mozzarella peynirinde pıhtı öğütme pH'sının ve soğuk depolama süresinin erime öncesi ve erime sonrası fonksiyonel özellikler üzerine etkisini araştırmışlardır. Üç farklı pıhtı öğütme pH'sı (5.40, 5.25, 5.10) kullanmışlardır. Peynirlerde tekstürel profil parametrelerini, öğütme pH'sı farklılıkları tek başına etkilememiştir. Erime sonrası peynirlerin serbest yağ oluşumu ve eriyebilirlik düzeyi öğütme pH'sından etkilenmemiştir. Bununla birlikte, 50 günlük depolama süresince erime öncesi peynirlerde sertlik düşmüş, eriyebilirlik artmış, erime sonrası viskozite düşmüş ve serbest yağ oluşumu artmıştır. Depolama sırasında meydana gelen bu değişikliğin sebebinin kazeinin proteolizi olabileceği bildirilmiştir.

Pıhtı öğütme pH'sının mezofilik starter kültürle üretilen mozzarella peynirinin kompozisyonu, fonksiyonları ve proteolizi üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada, kontrol peyniri termofilik kültürle üretilirken diğerleri mezofilik starterle üretilerek pıhtı öğütme sırasındaki pH değerleri 5.5, 5.2 ve 5.0 olarak ayarlanmıştır. Mezofilik starterle

üretilen peynirlerde öğütme pH'sının esas etkisi, kompozisyon ve pizza pişirmede fonksiyonel özellikler üzerine olmuştur. Öğütme pH'sı düştükçe nem miktarı ve peynirde kalan laktoz miktarı da düşmüştür ve peynirler daha iyi erime göstermiştir. Erimedeki farklılıklar peynirler 4-5 gün depolama sonrasında pizza pişirmede kullanılınca görülmüştür. Bu durum, hemen pizza yapımında kullanılacak peynirlerin biraz daha düşük bir öğütme pH'sı ile üretilmesi gerekirken, belli bir süre depolama sonrasında kullanılacak peynirlerde daha yüksek bir öğütme pH'sının uygulanabileceğini göstermiştir. Düşük öğütme pH'sı ile üretilen peynirlerde gözlenen düşük laktoz miktarı pizza üzerinde peynirin esmerleşmesini etkilememiştir (Mayers ve Sutherland, 2002).

Yun ve ark. (1993c), mozzarella peynirinde pıhtı öğütme pH'sının soğuk depolama süresince kimyasal kompozisyon ve proteolitik değişimler üzerine etkisini araştırmışlardır. Homojen kimyasal kompozisyona sahip peynir üretimi için pilot ölçekte salamurasız mozzarella peyniri üretim yöntemi geliştirmişlerdir. Üç farklı pıhtı öğütme pH'sı (5.40, 5.25, 5.10) kullanılmıştır. Peynirlerde tekstürel profil parametrelerini öğütme pH'sı farklılıkları tek başına etkilememiştir. Erime sonrası peynirlerin serbest yağ oluşumu ve eriyebilirlik düzeyi öğütme pH'sından etkilenmemiştir. Bununla birlikte, 50 günlük depolama süresince erime öncesi peynirlerde sertlik düşmüş, eriyebilirlik artmış, erime sonrası viskozite düşmüş, serbest yağ oluşumu artmıştır. Depolama sırasında meydana gelen bu değişikliğin sebebi kazeinin proteolizine bağlanmıştır.

Joshi ve ark. (2004b), kalsiyum, test sıcaklığı ve depolamanın yarım yağlı mozzarella peynirinin uzayabilirliği üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada, direk asitlendirme ile 4 farklı kalsiyum konsantrasyonunda (Kontrol: % 0.62, T1:% 0.51, T2:% 0.45, T3: % 0.35) yarım yağlı mozzarella peyniri üretmişlerdir. Uzayabilirliği (1. ve 30. günlerde), 30, 35 ve 40 °C'de uzama için gereken maksimum kuvvet ve kopma sırasındaki uzunluğu belirleyerek saptamışlardır. Üretimin 1. gününde, kalsiyumu azaltılmış peynirler, kontrole kıyasla 5-10 kat fazla uzama ve uzama için % 33-45'i kadar az kuvvet gereksinimi göstermiştir. 30-35 °C'deki uzama miktarı önemli değişiklik göstermezken 40 °C'de peynirin uzama miktarında önemli bir artış olmuştur. T1 ve T2 peynirleri 40 °C'de 30 °C'dekine kıyasla 14-12 kat fazla uzamıştır ve % 33-44 kat az uzama kuvveti gerektirmiştir. 30 günlük depolama peynirlerde uzama kuvvetinde

% 50 azalma sağlamış, bununla birlikte, uzama miktarını etkilememiştir. Araştırmacılar sonuç olarak, düşük kalsiyum konsantrasyonlu peynirlerin 1. gün 40 °C'de yüksek uzayabilirliğe sahip olduğunu bulmuşlardır.

Ge ve ark. (2002), pH değişimlerinin mozzarella peynirinde kalsiyum dağılımı ve erime özellikleri üzerine etkisinin tersinirliğini araştırdıkları çalışmada, 2 deneme yapmışlardır. 1. denemede, dilimlenmiş mozzarella peyniri örneklerini, pH'yı 0.6 birim düşürmek için asetik asit buharı ile muamele etmişler ve 4 °C'de 24 saat beklettikten sonra görünür viskozite ve suda çözünür kalsiyum konsantrasyonlarını ölçmüşlerdir. Daha sonra en düşük pH'ya sahip peynirler pH değerinde 0,6 birimlik artış sağlamak için amonyak ile muamele edilmiş ve aynı analizler tekrarlanmıştır. Peynir pH'sının 5.3'den 4.8' getirilmesi viskozite ve suda çözünür kalsiyum miktarında doğrusal olmayan yükselmelere neden olmuş ve peynirler pH 5'in altında erime ve esneme özelliklerini kaybetmiştir. pH'nın tekrar 5.1'e çıkarılması viskozite ve suda çözünür kalsiyum seviyesini düşürerek erime ve esneme özelliklerini geri kazandırmıştır. 2. denemede ise benzer uygulama yapılmış ancak pH 6,6'ya kadar yükseltilmiştir. Bu durum viskoziteyi artırmış. pH'nın 5.2'ye geri çekilmesi viskozitede ve suda çözünür kalsiyum seviyesinde doğrusal bir düşüş göstermiştir.

Joshi ve ark. (2002), çözünür ve kolloidal kalsiyum miktarının tuzlu ve tuzsuz yarım yağlı mozzarella peynirinin fonksiyonel özellikleri üzerinde rolünü araştırdıkları çalışmada, kalsiyum ile zenginleştirme, ön asitlendirme, tuzlama gibi işlemlerin 1. 15. ve 30. günlerde peynirlerde proteoliz, erime süre ve sıcaklığı, erime alanı, akışkanlık ve uzama miktarları üzerine etkisini ölçmüşlerdir. Çözünür kalsiyum (kalsiyum ile zenginleştirme) bu fonksiyonel özelliklerin hiçbirini etkilememiştir fakat, asitlendirme ile misel kalsiyumunun azaltılması erime alanı ve uzama miktarını artırmıştır. Peynirlerdeki erime sıcaklıkları değişmemiştir fakat, erime sırasındaki davranışları değişme göstermiştir. Düşük kalsiyum konsantrasyonundaki peynirlerde proteoliz yüksek bulunmuştur. Tuzlama, erime alanını, akış oranını, uzama miktarını ve proteolizi artırmış, yumuşama sıcaklık derecesini düşürmüştür. 30 gün depolama peynirin tüm fonksiyonel özelliklerini iyileştirmiştir. Kazeine bağlı kalsiyum miktarının azaltılmasının, mozzarella peynirinin fonksiyonel özellikleri üzerinde önemli rol oynadığını bildirmişlerdir.

Yun ve ark. (1995b), mozzarella peynirinde serum ayırma pH'sının kimyasal kompozisyon, proteoliz ve fonksiyonel özellikler üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada iki farklı serum ayırma pH'sı (6.40 ve 6.15) kullanmışlardır. Peynirleri salamurasız olarak 41 °C'ye pişirme, pH 5.25'de öğütme ve 57 °C sıcaklıkta yoğurma ile üç tekerrürlü olarak üretmişlerdir. Serum ayırma pH'sı düştükçe peynirdeki kalsiyum içeriği de düşmüş (% 0.83'den % 0.75'e) ve peynir nemi % 45.7'den 46.3'e artmıştır. Bununla birlikte protein, yağ ve tuz miktarları arasında önemli bir farklılık olmamıştır. Depolama süresince çözünür azot içeriği, eriyebilirlik ve serbest yağ oluşumu artmış, fakat α -kazein ve görünür viskozite tüm peynirlerde düşmüştür. Serum ayırma pH'sı ve depolama süresi interaksiyonunun % 12'lik TCA'da çözünür azot üzerine önemli etkisi olmuştur. Soğuk depolama süresince serum ayırma pH'sı düşük peynirlerde daha hızlı proteoliz gelişimi gözlenmiştir.

Guinee ve ark. (1998), pizza yapımında kullanılan farklı peynirlerin özelliklerini araştırdıkları çalışmalarında; çeşitli yerel süpermarket ve fabrikalardan temin ettikleri ticari cheddar, düşük nemli mozzarella peyniri ve pizza peyniri analoglarını temel bileşim, proteoliz (pH 4.6'da ve % 5'lik PTA'de çözünen azot), 2.3 MPa hidrolik basınç altında ayrılabilir serum ve yağ seviyesi, serum kompozisyonu, confocal lazer scanning mikroskobu ile mikrotekstür, fonksiyonel (erime süresi, akışkanlık, esneklik, viskozite) ve viskoelastik (reometre ile) özellikler açısından karşılaştırmışlardır. Düşük nemli mozzarella peynirleri, cheddar peynirine göre daha yüksek ortalama pH değerine ve ayrılabilir serum seviyesine ve daha düşük proteoliz, ayrılabilir yağ ve serumda Ca ve N seviyesine sahip bulunmuştur. Pizza peyniri analogları mozzarella peyniri ile karşılaştırıldığında daha düşük ortalama protein ve serum kalsiyumuna, daha yüksek pH, Ca (mg/g protein), kuru maddede yağ ve nem içeriğine sahip çıkmıştır. Fonksiyonel özelliklere bakıldığında, eritilmiş cheddar en yüksek akışkanlığa sahipken, en düşük viskoziteyi göstermiştir. Pizza peyniri analoglarının akışkanlığı geniş bir varyasyon göstermekle birlikte ortalama olarak mozzarella peynirinden daha düşük bulunmuştur. Reolojik özellikler bakımından pizza peyniri analogları, mozzarella ve cheddar peynirlerinden oldukça farklı bulunmuş ve yüksek bir elastiklik ve viskozite göstermiştir. Sonuç olarak düşük nemli mozzarella peynirinin, olgunlaştırılmış cheddar (pH 4.6'da ve % 5'lik PTA'da çözünür azot seviyesi yaklaşık 20.3 olan ve % 5 toplam azot içeren) ile yer değiştirmesi uzayabilirlik ve çıgnenebilirliği azaltırken, aşırı

akışkanlık sağlamıştır. Benzer şekilde mozzarella peynirinin kısmi olarak pizza peyniri analoglarıyla yer değiştirmesi peynirin esnekliğini azaltırken akışkanlık ve çignenebilirlik özelliklerini kullanılan pizza peynirinin formülasyonuna bağlı olarak değiştirmiştir. Bu yüzden, pizza topping malzemesi olarak kullanılmak üzere farklı peynir çeşitlerinin karıştırılmasında peynirlerin fonksiyonel, biyokimyasal ve viskoelastik özelliklerinin dikkate alınması önerilmiştir.

Guo ve ark. (1998), ön asitlendirilmiş süttten az yağlı mozzarella peyniri yapımı üzerine çalıştıkları araştırmada; sitrik asitle pH 6.0 ve pH 5.8'e ön asitlendirme ile ve asitlendirme yapılmadan kontrol peyniri olmak üzere 3 tip peynir üretmişlerdir. Peynirler *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus*/ *Streptococcus thermophilus*'dan oluşan bir termofilik kültürle salamurasız olarak karıştırılmış pıhtı yöntemiyle üretilmiştir. pH 5.5'de kuru tuzlama yapıldıktan sonra pilot ölçekli pişiricide yoğrulmuştur. Üretimin 3., 4., 6., 8. ve 10. günlerinde peynir örneklerinden alınan ayrılabilir serumlarda ham protein, Ca, Mg, Zn, Na, P, K ve SDS-PAGE, urea-page analizleri yapılmıştır. Kontrol peynirlerinde 3. günde 15.7 g/100 g ayrılabilir serum bulunurken, pH 6'ya asitlendirilenlerde 5.6 g ve pH 5.8'e asitlendirilenlerde 0 g /100 g bulunmuştur. Bir başka deyişle ön asitlendirme uygulaması yapılan peynirler kontrolden daha yüksek su tutma kapasitesine sahip bulunmuştur. Üretim sonrasında ilk 10 gün süresince kontrol peynirinde ayrılabilir serum miktarı hızlı bir düşüş gösterirken pH 6'ya asitlendirilenlerde hemen hemen sabit kalmıştır. Bu süre zarfında pH 5.8'e asitlendirilenlerde değişiklik görülmemiştir. Olgunlaştırma süresince kontrol ve pH 6'ya asitlendirilen peynirlerde ayrılabilir serumdaki Ca, Zn ve Mg artmış, ancak bu artış, kontrol peynirinde daha fazla olmuştur. Kontrol peynirinin serumunda kazeine bağlı minerallerin (Ca, Zn ve Mg) daha yüksek miktarda olmasının pH değerinin daha düşük olmasından kaynaklandığı belirlenmiştir. Na ve K miktarları ise peynirler arasında depolama süresince önemli bir farklılık göstermemiştir. Serumdaki ham protein konsantrasyonları kontrol ve pH 6 peynirinde depolama süresince artmış ve bu artış kontrol peynirinde daha yüksek düzeyde olmuştur. Sonuç olarak, ön asitlendirme, az yağlı mozzarella peynirinin su tutma kapasitesini, ve serum fazının protein ve mineral miktarını değiştirerek yapı ve fonksiyonel özelliklerini etkilemiştir.

Joshi ve ark. (2003), kalsiyumun, yarım yağlı mozzarella peynirinin fonksiyonel özellikleri üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada, glukono delta lakton kullanarak

direk asitlendirme ile 4 farklı kalsiyum seviyesinde (% 0.65, % 0.48, % 0.42 ve % 0.35) mozzarella peyniri üretmişlerdir. Kalsiyum oranının % 25, 35 ve 45 seviyesinde azaltılması eriyebilirliği 1.4, 2.1 ve 2.6 kat artırmıştır. Düşük kalsiyumlu peynirler daha düşük sıcaklık ve sürelerde erime ve yumuşama göstermiştir ve proteoliz oranları yüksek çıkmıştır. 30 günlük soğuk depolama sonrasında erime alanı, akışkanlık, çözünür protein miktarları artarken, erime süre ve sıcaklıkları düşüş göstermiştir. Kalsiyum miktarının azaltılması, mozzarella peynirlerinde arzu edilen eriyebilirlik özelliklerinin kazanılması için üreticilerin 15-20 günlük bir proteoliz süresini beklememesi avantajını sağlamıştır.

2.2.3. Yağ, Nem ve Tuz Miktarı

Rudan ve ark. (1999), mozzarella peynirinde yağ oranının azaltılmasının kimyasal kompozisyon, proteoliz, fonksiyonel özellikler ve verim üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada, yağsız sütü, homojenize edilmemiş % 40 yağlı krema ile standardize ederek 4 farklı yağ oranına sahip (% 5, 10, 15, 25) mozzarella peyniri üretmişlerdir. Uygulamalar arasında, peynir üretim ve yoğurma süresi, tuz konsantrasyonu, pH veya protein/Ca oranı açısından istatistiksel olarak önemli bir fark bulmamışlardır. Yağ oranı azaldıkça, nem ve protein miktarında artış meydana gelmiştir. Peynirde su, yağ ile eşit ölçüde yer değiştirmedikinden yağ oranı azaltılan peynirlerde yağsız kısımdaki nem oranı önemli düzeyde düşmüştür. Eritilmemiş peynirin sertliğindeki artış bu duruma bağlanmıştır. Yağ miktarı azaldıkça peynir beyazlığı ve opaklığı, pizza pişirme performansı, eriyebilirlik ve serbest yağ oluşumu azalmıştır. Pizza pişirme için uygun minimum serbest yağ ayrılması 0.22-2.52 g/100g peynir düzeyinde bulunmuştur. % 5 yağ oranına sahip peynirin verimi % 25 yağ oranındakinden % 30 daha az bulunmuştur. Araştırmacılar, verimin artırılması için, peynirin yağ oranı azaltıldığında, nem kontrolü ve kuru maddenin serum fazında kalma durumunun, peynirde kalan yağ miktarının maksimize edilmesinden daha fazla önem taşıdığını bildirmişlerdir.

Merrill ve ark. (1994), geleneksel yöntemle üretilenden % 50 daha az yağ içeren mozzarella Peyniri üretimi üzerine çalışmışlardır. Kazein/yağ oranı sırasıyla 1.2, 1.6, 2.0 veya 2.4'e ayarlanan sütler *Lactobacillus helveticus* ve *Streptococcus salivarius ssp. thermophilus* ile inoküle edilmiş ve peynirdeki yağ oranı düştükçe ve protein oranı

artıkça, nemin peynirde kalması için yeni bir üretim tekniği kullanılmıştır. Erime, uzama ve pişirme renkleri ölçülmüş ve farklı kazein/yağ oranına sahip peynirler arasında önemli bir farklılık bulunmamıştır. Ancak kazein/yağ oranı 2,4 olan peynir, depolamanın 24. gününde diğer peynirlere kıyasla daha fazla uzama göstermiştir. Depolamanın 28. gününde tüm peynirlerde eriyebilirlik artış gösterirken uzayabilirlik önemli düzeyde azalmıştır. %50 daha az yağ içeren mozzarella peynirlerinin erime ve uzama özellikleri yarım yağlı referans mozzarella peyniri ile benzer bulunmuştur .

Fife ve ark. (1996), az yağlı mozzarella peynirinin fonksiyonel özelliklerini araştırdıkları çalışmada kazein/yağ oranı: 3, 5, 7 ve 8 olan sütlerden rennet ilavesi öncesinde 79 °C'de 28 sn pastörizasyon ve pH 6'ya laktik asitle asitlendirme ile 3 tekerrürlü olarak ürettikleri peynirlerde 1. günde nem ve yağ, 1., 7., 14. ve 28. günlerde proteoliz, pişirme rengi, erime sonrası viskozite ve akışkanlık miktarlarını ölçmüşlerdir. Yarım yağlı mozzarella kontrol peyniri % 19 yağ, % 51 nem içerirken, % 2-5 yağ içeren az yağlı peynirler % 63 nem oranına sahip bulunmuştur. Az yağlı mozzarella peynirleri yarım yağlılar kadar iyi erimemekle birlikte % 2 ve % 5 yağlı peynirler arasındaki fark önemsiz bulunmuştur. 28 günlük depolama süresince sadece az yağlı peynirdeki eriyebilirlik artış göstermiş, pişirme rengi koyu olmuştur ve tüm peynirlerde 28 günlük depolama süresince proteoliz sonucu α_s -CN miktarı en az % 48 azalmıştır.

Mahon ve Oberg (1998), mozzarella peynirinin fonksiyonel özellikleri üzerine yağ, nem ve tuz miktarının etkisi üzerine yaptıkları çalışmalar sonucunda, mozzarella peynirinde erimenin kontrolünde en önemli parametrenin, protein matriksinin konumu olduğu sonucuna varmışlardır. Yağ miktarı da peynirde kalan nem miktarını etkilemesi ve ayrıca peynir ısıtıldığında yağlayıcı ve koruyucu etkisi açısından önemli olmasına rağmen, 2. faktör olarak değerlendirilmesi gerektiğini çünkü, pH, nem, kalsiyum ve tuz oranı uygunsa iyi bir eriyebilirliğe sahip yağsız peynirin de üretilebileceğini belirtmişlerdir. Mozzarella peyniri üretiminde, proteinler yağ globülleri içeren kanallarla ayrılan lifler arasında sıralanır. Peynirin depolanması sürecinde bu kanallardaki serum, proteinlerin artan hidrasyonuna bağlı olarak absorblanır. Böylece peynir eriyebilirliği artar. Kazeinin bu interaksiyonlarının, NaCl ilavesi ve kalsiyum oranının düşürülmesi ile geliştirilebileceği belirtilmiştir.

Imm ve ark. (2003), inek ve keçi sütünden üretilen yarım yağlı mozzarella peynirlerinin 8 haftalık soğuk depolama süresince fonksiyonel ve fizikokimyasal

karakteristiklerinin gelişimi üzerine çalışmışlardır. Peynir matriksindeki yapısal değişiklikler scanning elektron mikroskopuyla, proteoliz ise çözünür azot, SDS-PAGE ve jel pro-analyzer ile ölçülmüştür. Aynı yağ oranına standardize edilen olgunlaştırılmış inek ve keçi peynirlerinin eriyebilirliği farklı bulunmamış, ancak, inek mozzarellasında daha yüksek miktarlarda serbest yağ oluşumu gözlenmiştir. Tekstür (koheziflik), mikrotekstür ve proteoliz sonuçları, depolama süresince, inek mozzarellasına ait peynir yapısında, keçi mozzarellasındakinden daha çok tekstürel parçalanma olduğunu göstermiştir. İnek mozzarellasındaki protein parçalanmasının artışı peynirler pişirildiğinde daha fazla esmer renk oluşmasına neden olmuştur. Erime karakteristikleri proteolizle pozitif yönde yüksek korelasyon gösterirken tekstürel karakteristiklerle negatif korelasyon göstermiştir. Proteolitik parametreler ve tekstürel özelliklerle de yüksek negatif korelasyon görülmüştür .

McMahon ve ark. (1996), az yağlı (<% 6) mozzarella peynirinde yağ yerine geçen maddelerin kullanımı üzerine yaptıkları çalışmada, iki protein bazlı (Simplex D100 ve Dairy-Lo) ve iki karbonhidrat bazlı (Stellar 100X ve Novagel RCN-15) yağ yerine geçen madde kullanarak peynirlerin nem miktarını ve fonksiyonel özelliklerini geliştirmeyi hedeflemişlerdir. Nem içerikleri kontrol, Stellar, Dairy-Lo, Simplex ve Novagel için sırasıyla % 53.0, 54.3, 55.2, 55.3 ve 57.3 olarak bulunmuştur. 80 °C’de görünür viskoziteleri farklılık görülmezken Stellar ve Simplex ile yapılan peynirler maksimum erime göstermişlerdir. Tüm peynirler 21. gün benzer ölçüde erime göstermiştir .

Bhaskaracharya ve Shah (2001), yağ yerine geçen maddelerin yağsız mozzarella peyniri üretiminde kullanımının tekstürel özellikler üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada yağ ikame maddesi olarak 2 çeşit maltodekstrin (Maltrin M1 ve M2), ve modifiye patates nişastası (StaSlim S1) kullanmışlardır. Patates nişastasıyla yapılan peynirlerde nem miktarı diğerlerinden düşük bulunmuş, protein miktarı yağ yerine geçen madde kullanılan peynirlerde kontrolden düşük çıkmıştır. Depolamanın 5., 10. ve 18. günlerinde S1 kullanılan peynirlerin sertlik değeri kontrole benzerken maltodekstrin kullanılanlarda düşük çıkmıştır. Yağ ikame maddesi kullanılan peynirlerin tümü genel olarak, kontrolden daha düşük koheziflik ve esneklik gösterirken, yapışkanlık daha fazla bulunmuştur. M1 ve M2 kullanılanlar düşük çiğnenebilirlik, gumminess gösterirken, S1 peynirleri kontrole kıyasla yüksek değerler vermiştir .

Pastorino ve ark. (2002), sıcaklığın yağsız mozzarella peynirinin yapı ve parlaklığı üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada, karıştırılmış pıhtı, direk asitlendirme yöntemiyle üretilen peynirler cam şişelerde 10 ve 50 °C'ye ısıtılmış ve renk ölçümü yapılmıştır. 50 °C'ye ısıtılan peynirlerin rengi daha parlak bulunmuştur. Bu araştırmada ısıl uygulamanın, peynir matriksinde protein interaksiyonlarına yol açarak peynirin opaklığını etkilediği bildirilmiştir .

Bhaskaracharya ve Shah (1999), mozzarella peynirinde tekstürel yapıyı inceledikleri çalışmada, peynirlerde Instron Universal Test Makinesi ile sertlik, esneklik, koheziflik, yapışkanlık, çiğnenebilirlik ölçümü ve nem, yağ, protein analizleri yapmışlardır. Genel olarak sertlik, nem miktarının artmasıyla azalmıştır. Esneklik yağ oranıyla birlikte artış gösterirken, koheziflik protein miktarı ile artmıştır .

McMahon ve ark. (1999)'nın, mozzarella peynirinde su ayrılmasının peynirin eriyebilirliği ile ilişkisini araştırdıkları çalışmada, % 8 ve % 19 yağ oranında 2 mozzarella peyniri üretmiş ve 1. gün yağ, protein, kül, tuz ve su miktarını ölçmüş, depolamanın 1., 7., 14. ve 21. günlerinde ise eriyebilirlik, toplam su, donabilen su ve ayrılabilir (expressible) su miktarlarını ölçmüşlerdir. Az yağlı peynirlerde toplam su miktarı kontrolden yüksek olmasına karşın, yağsız kısımda daha düşük su içermiştir. Ayrılabilir su miktarı yağ oranıyla orantılı olarak kontrol peynirinde daha yüksek bulunmuştur. Depolama süresince, ayrılabilir serum miktarı düşmüş ve 21. gün sıfıra inmiştir. Ayrılabilir suyun yağ-serum kanallarından geldiği düşünülmüştür. Araştırmacılar bu sonuçları şöyle açıklamışlardır; bağlı su miktarı kontrol peynirinde protein içeriği ile orantılı olarak daha düşük bulunmuştur. Bağlı su seviyesi depolama süresince sabit kalmıştır. Depolama süresince yağ-serum kanalları protein matriksinin yağ globülleri arasındaki alana yayılmasıyla küçülmektedir. 21. günde yağ globülleri protein matriksi tarafından tümüyle kapanmaktadır. Bu protein matriksi yağ-serum kanallarındaki suyu absorplamaktadır. Protein matriksi tarafından absorplanan su tutuklanmış su haline geçtiğinden bağlı su miktarı değişmemektedir. Ve depolama süresince tutuklanmış su miktarındaki artışla birlikte eriyebilirlik artmıştır .

Bhaskaracharya ve ark. (1998), tam yağlı mozzarella peynirinin mikrotekstürünü inceledikleri çalışmada mozzarella peynirlerinin yapımında % 4 yağlı süt kullanmışlardır. *Streptococcus salivarius ssp. thermophilus* ve *L. delbrueckii subsp. bulgaricus* kültürüyle pH 0.1 birim düşürüldükten sonra rennet enzimi ile mayalanmış,

35 dakika sonra pıhtı kesilmiş ve pH 5.6'ya düştüğünde serum ayrılmıştır. pH 5.2'ye düştüğünde pişirme-yoğurma aşamasına geçilmiştir. Peynirlerde mikrotekstür ölçümü scannig electron mikroskopuyla 3 farklı yöntem kullanılarak depolamanın 28. gününde ölçülmüştür. İlk yöntemde, örnek gluteraldehit ve osminyum tetroksit ile karıştırılmış, nem ve yağın uzaklaştırılmasında etanol ve aseton kullanılmış ve belli bir kritik noktaya kadar kurutulduktan sonra oda sıcaklığında fraktür haline getirilmiştir. 2. ve 3. yöntemde ise örnekler sadece gluteraldehit ile karıştırılmış ve 2. yöntemde ek olarak sıvı nitrojende kriyofraktürize etme öncesinde kloroform ile çalkalanmıştır. Bu 3 yöntemden 2 ve 3. yöntem peynir parçalarında protein ağı yapısının herhangi girişim veya bozukluk olmaksızın görüntülenebilmesi için uygun bulunmuştur .

Tuzun bir günlük mozzarella peynirinde neden olduğu yapısal değişiklikler ve serbest yağ oluşumu üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada mozzarella peynirleri kuru tuzlama ve sıcak salamura kombinasyonu veya sadece soğuk salamura yöntemleriyle farklı tuz seviyelerinde üretilmiştir. Eşit tuz seviyelerinde sıcak salamura ve kuru tuzlama işlemi sonucunda soğuk salamurada tuzlama işlemine göre daha yüksek nem içeriğine ulaşılmıştır. Her iki tuzlama uygulamasında da tuz miktarındaki artış ayrılan serum miktarını düşürmüştür, görünür viskoziteyi artırmış fakat serbest yağ oluşumu üzerine etkide bulunmamıştır. Tuzun yağ globüllerinin boyutu ve şekli veya yağ polimorflarının (α , β' ve β kristalleri) nispi miktarları üzerine herhangi bir etkisi olmamıştır. Peynirlerin pişirme ve uzatma aşamalarından sonra 0 °C gibi düşük bir sıcaklığa soğutulması, 8 °C'ye soğutulmasına kıyasla serbest yağ miktarında düşüşe ve ayrılan serumda artışa yol açmıştır. Soğutma sıcaklığının peynirdeki süt yağının erime noktası üzerine hiçbir etkisi olmamış, bununla birlikte daha düşük soğutma sıcaklıkları β' kristallerinin nispi miktarlarını düşürmüştür (Rowneya ve ark., 2004).

Kindstedt ve ark. (1996), mozzarella peynirinde tuz ve nemin dağılımı ile yumuşak yüzey hatası üzerinde çalışmışlardır. Bu amaçla, iki farklı yüzey tipine sahip mozzarella peyniri bloğunda tuz ve nemin dağılımını karşılaştırmışlardır. Beş farklı peynir fabrikasından temin ettikleri yumuşak, nemli yüzeyli ve sert, kuru yüzeyli mozzarella peyniri bloklarının çeşitli bölgelerinden tuz dağılımını yansıtacak şekilde alınan örneklerde nem ve tuz analizleri yapmışlardır. Tüm peynirlerde tuz miktarının merkezden yüzeye gidildikçe arttığı gözlenmiştir. Nem içeriği ise sert, kuru yüzeyli peynirlerde merkezden yüzeye doğru azalırken, yumuşak yüzeyli peynir bloklarında dış

kısımların en yüksek nem içeriğine sahip olduğu görülmüştür. Bu veriler, yumuşak yüzey hatasının, sıcak peynirin soğuk salamuraya maruz bırakılmasıyla meydana gelen ısı farkının salamurada soğutma sonrasında yavaş bir şekilde dağılması sonucunda meydana geldiğini iddia etmişlerdir.

Guo ve ark. (1997), tuzun olgunlaştırma sırasında mozzarella peynirinin serum fazı üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada salamurada tuzlama ile ve tuzlama uygulanmadan üretilen az yağlı mozzarella peyniri bloklarında 4 °C'de 2, 4, 6, 8 ve 10 gün depolama sonrasında ayrılabilir serum miktarını ölçmüşlerdir. Ayrılabilir serum miktarı olgunlaştırma süresince her iki peynirde de azalırken, tuzlanmamış peynirde daha fazla bulunmuş ve daha yavaş bir düşme eğilimi göstermiştir. Ayrılabilir serumdaki pH 4.6'da çözünmeyen protein miktarı salamurayla tuzlanan peynirlerde önemli artış gösterirken, tuzlanmamış peynirlerde bu artış çok az olmuştur. Urea-PAGE ve SDS-PAGE sonuçları, yüksek konsantrasyonlarda α_{s2} -CN, β -CN ve para- κ -CN bulunduğunu ve salamurada tuzlanan mozzarella peynirinde daha yüksek seviyede olduğunu göstermiştir. Mozzarella peynirinin serum fazındaki tuzun, mikrotekstürel şişmeyi, su tutma kapasitesini ve para kazein matriksinden kazeinlerin çözünürlüğünü arttırdığı sonucuna varmışlardır.

Kindstedt ve ark. (1992), salamurada tuzlanmış mozzarella peynirlerinin kompozisyon ve kimyasal özelliklerinde görülen farklılıkları araştırdıkları çalışmada, peynir bloklarının orta ve yüzey kısımlarından aldıkları örneklerde viskozite, serbest yağ oluşumu ve bileşim analizleri yapmışlardır. Düşük nemli mozzarella peynirlerinin merkezinden aldıkları örneklerde serbest yağ miktarı yüksek bulunmuş ve bu, yüksek yağ ve düşük tuz miktarının yağ ayrılmasına neden olduğu belirtilmiştir. Yüzey örnekleri, daha yüksek tuz ve viskoziteye ve daha düşük neme, Ca konsantrasyonuna ve serbest yağ miktarına sahip olduğu tespit edilmiştir. Peynir yüzeyinde Na ile kazeine bağlı Ca'un yer değiştirmesi ile çözünür kazeinin emülsifiye olma özelliğinin artarak yüzeyde daha fazla emülsifiye yağ fazı ve daha az serbest yağ oluşumuna neden olabileceği sonucuna varılmıştır.

2.2.6. Starter Kültür

Lactobacillus helveticus kültürünün mozzarella peynirinin fiziksel özellikleri üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmada, mozzarella peynirleri altışar litrelik teknelerde,

L. helveticus veya *L. helveticus* ile *Streptococcus salivarius ssp. thermophilus* kullanılarak üretilmiştir. *Lactobacillus helveticus* suşlarının güçlü veya zayıf proteolitik özellikte olduğu tespit edilmiştir. Her kültür tipiyle 3 peynir üretilmiş ve 4 °C'de 1, 7, 14 ve 28 gün depolama sonrasında uzayabilirlik, erime, renk, nem ve pH değerleri ölçülmüştür. Tüm peynirlerde 1. ve 7. günler arasında çok hızlı, 7. ve 28. günler arasında yavaş gelişen bir uzayabilirlik kaybı meydana gelmiştir. Erime tüm peynirlerde 7. güne kadar hızlı bir artış göstermiş, daha sonra sabit kalmıştır. Bir kültür tipinden diğerine erime ve uzama değişimleri önemli düzeyde olmamıştır. Proteinaz eksikliği olan suşlarla yapılan peynirler, 14 ve 28. günlerden sonra diğerlerinden daha iyi uzayabilirlik göstermiştir. Dört kültür tipinin tümüyle yapılan peynirlerde, 28 gün depolama sonrasında pişirme rengi azalmıştır. Pişirme rengi açısından suşlar arasında önemli bir farklılık görülmemiş ancak, kültür-zaman interaksyonu önemli bulunmuştur. *L. helveticus*'un bulunduğu kültürlerle yapılan peynirler, *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus* ve *S. salivarius ssp. thermophilus* ile üretilenlerle kıyaslandığında, aynı düzeyde eriyebilirliğe, daha fazla uzayabilirliğe ve daha az pişirme rengine sahip bulunmuştur (Oberg ve ark., 1991b).

Oberg ve ark. (1991a), mozzarella peynirinin fiziksel özellikleri üzerine termolaktik kültürlerin proteolitik aktivitesini araştırdıkları çalışmada, proteolitik aktivitesi eksik veya yüksek olan suşlarla üretilen mozzarella peynirleri direk asitlendirme ile üretilenle kıyaslamışlardır. Peynirlerde 1, 7, 14 ve 28. günlerde pişme rengi, erime ve uzayabilirlik ölçümü yapılmıştır. Proteinaz eksikliği olan *L. delbrueckii ssp. bulgaricus*'un tek suşu ile yapılan peynirler, proteolitik suşlara kıyasla daha az esmerleşme, daha yüksek erime ve daha düşük uzayabilirlik göstermiştir. Proteinaz eksikliğine sahip *L. delbrueckii ssp. bulgaricus* ve *S. salivarius ssp. thermophilus* ile üretilenler ise daha az esmerleşme ve erime gösterirken, uzayabilirlik açısından proteinaz pozitif türlerinden farklılık göstermemiştir. Kültürle üretilen tüm peynirler, asitlendirme peynirine kıyasla 1 gün depolama sonunda daha yüksek uzama, erime ve esmerleşme göstermiştir. *L. delbrueckii ssp. bulgaricus*'un tek suşu ile üretilen peynir, çift suşla üretilenden daha yüksek uzama ve daha düşük erime göstermiştir .

Oommen ve ark. (2002), *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*'un proteolitik spesifikliğinin (α_{s1} -kazein üzerine) mozzarella peynirinin fonksiyonel özellikleri üzerine etkisini araştırmışlardır. *Lactobacillus delbrueckii subsp.*

bulgaricus'un 3 farklı suşunun (I, III, V) *Streptococcus salivarius ssp. thermophilus* ile kombinasyonu ve sadece *Streptococcus salivarius ssp. thermophilus*'un kullanıldığı kontrol olmak üzere 4 farklı peynir üretilmiştir. Peynirlerin nem, yağ, protein, nemde tuz içerikleri benzer bulunmuştur. Kontrol peynirleri diğerlerinden düşük nem içermiştir. III. ve V. Grup suşlarla üretilen peynirlerin fonksiyonel özellikleri önemli düzeyde farklı bulunurken I. ve III. Grup suşlar benzer özellik göstermiştir. Tüm peynirlerde eriyebilirlik ve koheziflik olgunlaşma ile artarken, erime kuvveti ve gerdirme kalitesi düşmüştür .

Mauriello ve ark. (2003), geleneksel manda sütü mozzarella üretiminde kullanılan doğal peynir altı suyu kültürlerinin coğrafik orijinin aroma ve bakteriyolojik kompozisyon üzerine etkisini araştırmışlardır. Nötr uçucu aroma bileşenleri yüksek çözünürlükte gaz kromatografisi ile, mikrobiyal farklılıklar ise PCR teknolojisi ile ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar, aroma bileşenleri ve mikrobiyal floranın coğrafik bölgelere göre değiştiğini göstermiştir. bu sonuçlar manda sütü mozzarella gibi tipik süt ürünlerinin moleküler karakterizasyon ile izlenebilirliğinin mümkün olduğunu göstermiştir.

Morea ve ark. (1999), geleneksel mozzarella peyniri prosesinde baskın bakteriyal popülasyonun moleküler ve fizyolojik karakterizasyonu üzerine çalışmışlardır. RAPD parmak izi analizleri baskın bakteri popülasyonunun 25 farklı biyotipten oluştuğunu ve 16S rDNA seri analizleri izole edilen suşların; *Leuconostoc mesenteroides subsp. mesenteroides*, *Leuc. lactis*, *Streptococcus salivarius ssp. thermophilus*, *Strep. bovis*, *Strep. uberis*, *Lactococcus lactis subsp. lactis*, *L. garviae*, *Carnobacterium divergens*, *C. piscicola*, *Aerococcus viridans*, *Staphylococcus carnosus*, *Staph. epidermidis*, *Enterococcus faecalis*, *Ent. sulphureus* ve *Enterococcus spp.*'a ait olduğunu göstermiştir. Bakteri popülasyonu fizyolojik özelliklerine göre karakterize edilmiştir. *Streptococcus salivarius ssp. thermophilus* ve *L. lactis subsp. lactis*'e ait iki suş en fazla asit üretenlerken, *L. lactis subsp. lactis* suşu aynı zamanda proteolitik ve 8 suşunun sitrat fermentasyonu pozitif bulunmuştur. Çiğ süttten üretilen olgunlaşmamış peynirdeki potansiyel patojenlerin tanımlanması için daha çok moleküler teknikler kullanmışlardır.

Morea ve ark. (1998), geleneksel mozzarella peyniri prosesinde *Lactobacillus* topluluğunun moleküler karakterizasyonu üzerine çalıştıkları araştırmada serum,

yoğurma öncesi pıhtı ve mozzarella peynirinde bakteriyel yapı, randomly amplified polymorphic DNA (RAPD) ile gelişme kinetiğini izlemek için ve 16S rDNA serisiyle izole edilen suşların taksonomik pozisyonunu tanımlamak için analiz etmişlerdir. Bu analizlerde 13 farklı *Lactobacillus* biyotipi bulunmuş ve izole edilen suşların, *L. plantarum*, *L. fermentum*, *L. helveticus* ve *L. casei subsp. casei*'e ait olduğu görülmüştür. Ek olarak lactobacilli için seçici ortamda 2 farklı *Weissella hellenica* suşu izole edilmiştir. Dört *L. casei subsp. casei* suşu ve *W. hellenica*'nın proteinaz için kodlanan prtP genine bağlı seriler içerdiği ve en yüksek proteolitik aktiviteyi *L. casei subsp. casei*'nin 1 suşunun gösterdiği bulunmuştur .

Lactobacillus casei ssp. casei kültürüyle üretilmiş yağı azaltılmış mozzarella peynirinin mikrotekstürü ve fiziksel özelliklerinin araştırıldığı çalışmada *Streptococcus salivarius ssp. thermophilus* ve *Lactobacillus helveticus* veya *Lactobacillus casei ssp. casei* ile üretilen yağı azaltılmış mozzarella peynirlerinde 1., 7., 14. ve 28. günlerde uzama, erime ve pişme rengi özellikleri belirlenmiştir. Tüm peynirlerde uzama miktarı depolamanın ilk 7 günü boyunca düşmüş, fakat kültür tipleri arasında önemli farklılıklar bulunmamıştır. *L. helveticus* ve *Streptococcus salivarius ssp. thermophilus* ile üretilen yağı azaltılmış peynirler 1 ve 7. günlerde en iyi uzama yeteneğini göstermişlerdir. Depolama süresi, eriyebilirliği ve uzamayı önemli derecede etkilememiştir. Tüm yağı azaltılmış peynirler 14. günde kontrol peynirinden daha düşük eriyebilirlik göstermiştir. *L. helveticus*'un *L. casei ssp. casei* ile tamamen veya kısmi olarak yer değiştirmesiyle üretilen yağı azaltılmış peynirler az yağlı peynirlere göre 1. günde daha iyi uzayabilirlik ve daha düşük pişme rengi göstermiştir. 28 günlük depolamada tüm peynirler daha düşük pişme rengine sahip yağı azaltılmış peynirlerle aynı seviyelerde erime ve uzama göstermiştir. Hem scanning hem de transmission elektron mikroskobu (TEM), üretim prosesi sırasında yağı azaltılmış ve az yağlı mozzarella peynirleri arasındaki önemli farklılıkları göstermiştir. Yağı azaltılmış mozzarella nadir görülen küçük vakuollerle daha yoğun bir protein matriksine sahip bulunmuştur. TEM, yağı azaltılmış peynirlerin kazein misellerinin yoğun agregatlar oluşturduğu daha geniş protein ağlarına sahip olduğunu göstermiştir (Merrill ve ark., 2002).

Hong ve ark. (1998), 3 ticari *Lactobacillus* kültürünün mozzarella peyniri verimi üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada, *L. delbrueckii ssp. bulgaricus R110* ve *R160* ve *L. helveticus R150* kullanılarak üretilen mozzarella peynirleri nem, yağ, protein ve tuz

miktarı açısından benzer bulmuşlardır. Seruma geçen yağ miktarı R110 ile üretilen peynirlerde R150 veya R160 ile üretilenlerden önemli düzeyde az bulunmuştur. Haşlama suyuna yağ geçişinde peynirler arasında bir farklılık görülmemiş, R110 peyniri diğerlerinden daha yüksek verime sahipken, bu fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Sonuç olarak, rennet ilavesinden gerekli pH değerine ulaşıp serum ayırma aşamasına geçilene kadar geçen süre kıaldıkça yağ kaybının arttığı ve verimin düştüğü belirtilmiştir.

Mukherjee ve ark. (1994), galaktozu fermente eden termofilik kültürlerin izolasyonu ve az esmerleşen mozzarella peyniri üretiminde kullanımı üzerine çalışmışlardır. İstenilen fenotipte 4 *Streptococcus* izolatu bir *Lactobacillus helveticus* suşu ile birleştirilerek starter olarak kullanmışlardır. Dört galaktoz fermente edebilen ve bir kontrol olmak üzere toplam 5 farklı mozzarella peyniri 3 tekerrürlü olarak üretmişler ve depolamanın 5. ve 28. günlerinde analiz etmişlerdir. Denemede depolamanın 28. gününde laktoz ve galaktoz miktarı sabit kalmış veya azalmıştır. Kontrol peynirindeki galaktoz miktarı depolama süresince artmış ve 28. günde diğer peynirlerden yüksek bulunmuştur. Esmerleşme 28. günde en yüksek düzeyde görülmüştür. Kontrol peyniri diğerlerinden fazla esmerleşmiş. Eriyebilirlik ve serbest yağ oluşumu uygulamadan etkilenmemiştir. Sonuçlar, galaktozu fermente edebilen suşların az esmerleşen mozzarella peyniri üretiminde kullanılabileceğini göstermiştir .

Mozzarella peynirinin tekstürel ve fonksiyonel karakteristikleri üzerine ekzopolisakkaritlerin (EPS), ön-asidifikasyonun ve yağ ikame maddelerinin (FR1 ve FR2) etkisinin araştırıldığı bir çalışmada EPS ve *Str. thermophilus* 285 ile üretilen kontrol peynirlerinin en düşük nem içeriğine (% 52,84) sahip olduğu ve erime özelliklerinin depolamayla geliştiği, FR1 veya FR2 ilavesi ve sütün ön asidifikasyonunun peynirlerdeki nem içeriğini artırdığı görülmüştür. Tüm peynirler kontrolden daha yumuşak bulunmuştur. FR1 ile yapılan peynirler en iyi uzama ve erime performansını göstermişlerdir. Tüm peynirler protein matriksinin hidrasyonu öncesi ve sonrasında homojen bir mikrotekstür göstermiştir. Sütün ön asidifikasyonuyla yapılan peynirlerde α - ve β -kazein proteoliz oranı daha iyi ve peynirler daha yüksek nem içeriğinde bulunmuştur (Zisu ve Shah, 2004).

Bhaskaracharya ve Shah (2000a), ekzopolisakkarit üreten ve üretmeyen starter kültür (*Streptococcus salivarius* ssp. *thermophilus* ve *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus*)

kullanımının yağsız süttten yapılan mozzarella peynirlerinin tekstürel ve mikrotekstürel karakteristikleri üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada, peynirlerde nem, protein, yağ miktarlarını ve sertlik, koheziflik, yapışkanlık, esneklik, çiğnenebilirlik gibi tekstürel özellikleri analiz etmişlerdir. EPS peynirleri diğerlerinden % 1.7 daha yüksek nem içermiştir. Tüm peynirlerde protein miktarları benzer bulunmuştur. Çoğu tekstürel değerler depolama ile düşüş gösterirken yapışkanlık % 50 oranında artış göstermiştir. tüm peynirlerde sertlik ve esneklik benzer değerlerdeyken, koheziflik ve yapışkanlık EPS peynirlerinde daha düşük seyretmiştir. Mikrotekstürel incelemede görülen geniş ve küçük boşluklar serum ve yağ fazının varlığını göstermektedir. Starter bakteriler serum kanallarında bulunmaktadır. EPS *Streptococcus salivarius ssp. thermophilus* tarafından üretilmektedir. EPS peynirlerinin diğerlerine göre daha boşluklu bir yapıya sahip olduğu görülmüş ve bu üründe koheziflik ve yapışkanlığı azaltmaktadır .

Mozzarella peynirlerinin mikrotekstürünün scanning electron mikroskopuyla ölçümünde basitleştirilmiş bir örnek hazırlama yönteminin kullanıldığı bir araştırmada mozzarella peynirlerinin yapımında ekzopolisakkarit üreten ve üretmeyen *Streptococcus salivarius ssp. thermophilus* ve *Lactobacillus delbruckeii ssp. bulgaricus* kullanmışlardır. Mikrotekstür ölçümü için alınan örnekleri % 2'lik glutaraldehitte tutmuş, kurutmuş ve % 1.5'lik osminyum tetroksid emdirmişlerdir. Bir kurutucuda kritik noktaya kadar kuruttuktan sonra oda sıcaklığında kırmış, püskürtmeyle altın kaplamış ve scanning electron mikroskopuyla görüntülerini almışlardır. Görüntüler örneklerin iç yapısını net bir biçimde göstermiştir. Peynirlerde yoğun protein yapısı arasında yağ ve serum fazına ait küçük ve geniş boşluklar gözlenmiş, Streptococci ile üretilen ekzopolisakkaritler hassas ve ipliksi görünümdeyken, Lactobasillerin yetersiz miktarda ekzopolisakkarit oluşturduğu görülmüştür (Bhaskaracharya ve Shah, 2000b).

Yun ve ark. (1995a), çubuk:kok oranının depolama süresince, mozzarella peynirinin kompozisyon, proteoliz ve fonksiyonel özellikleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Peynirler üç farklı çubuk:kok oranında (9:1, 5:5 ve 1:9) üç tekerrürlü olarak üretilmiştir. 9:1 oranındaki peynirlerin üretiminde titrasyon asitliği ve pH değişimleri daha yavaş olmuştur. Her iki mikroorganizmanın da canlı sayıları peynir yapımı sırasında artış göstermiştir fakat başlangıç çubuk:kok oranına rağmen pıhtı öğütmede koklar baskın duruma geçmiştir. Koklar 57 °C'de yoğurma aşamasında ve 4 °C'de depolama süresince canlı kalmışlardır. Çubuk:kok oranı peynirlerin başlangıç

kompozisyonunu etkilememiştir. Bununla birlikte depolama süresince proteoliz, özellikle de % 12'lik TCA'da çözümlenir azot oluşumu 9:1 çubuk:kok oranında daha hızlı olmuştur. Sertlik, koheziflik, eriyebilirlik ve serbest yağ oluşumu etkilenmezken esneklik ve görünür viskozite 9:1 çubuk:kok oranında daha düşük bulunmuştur. Mozzarella peynirinin fonksiyonel özellikleri üzerine inokülasyon miktarının etkisinin, çubuk:kok oranının etkisinden fazla olabileceği bildirilmiştir.

2.2.7. Koagülant Tipi ve Miktarı

Oberg ve ark. (1992a), süt pıhtılaştırıcı enzimlerin mozzarella peynirinin fiziksel özellikleri üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada, 6 litrelik teknelerde, buzağı kimozeni, sığır pepsini, porcine pepsini veya *Mucor miehei* proteazı kullanarak direk asitlendirmeyle mozzarella peynirleri üretmişlerdir. Her bir enzimle dört peynir üretilmiş ve 1., 7., 14., 28. günlerde erime, uzama, pişme rengi, nem ve pH ölçülmüştür. Pişme rengi enzim tipinden etkilenmemiştir ve depolama süresince çok az bir değişim göstermiştir. Erime enzim seçiminden etkilenmiş ve depolamayla önemli bir artış göstermiştir. 28 günlük olgunlaştırma periyodu boyunca, erime en çok buzağı kimozeni ile üretilen peynirlerde artış gösterirken en küçük artış porcine pepsini ile yapılanlarda olmuştur. Uzama, enzim tipinden ve depolama süresinden önemli düzeyde etkilenmiştir ve tüm peynirlerde 7. güne kadar hızlı bir düşüş gösterdikten sonra 21. güne kadar sabit kalmıştır. Porcine pepsini ile yapılan peynirler 7 ve 28. günler arasında, en yüksek uzayabiliğe sahipken, buzağı kimozeni ile yapılanlar en az uzama göstermiştir. Tüm peynir tiplerinde depolama süresince erime artmış, uzayabilirlik azalmıştır. Kullanılan enzim tipinin direk asitlendirme ile yapılan mozzarella peynirinin fiziksel özelliklerinin belirlenmesinde önemli etkisi olmuştur.

Dave ve ark. (2003), koagülant miktarının direk asitlendirme ile üretilen mozzarella peynirlerinin proteolizi ve fonksiyonları üzerine etkisini araştırmışlardır. Direk asitlendirme yöntemiyle 3 farklı koagülant seviyesinde (0,25X, 1X ve 4X), yağsız (% 0), az yağlı (% 11 yağ) ve kontrol (% 19 yağ) peynirleri üretilmiş ve 5 °C'de 60 günlük depolama süresince eriyebilirlik, α_{s1} - ve β -kazein, % 12.5 TCA'da çözümlenir azot miktarı ve kompleks modülü değişimleri ölçülmüştür. Yağ miktarının fonksiyonu olarak proteoliz düzeyi ve fonksiyonel özelliklerde farklılıklar çıkmıştır fakat, bu farklılıkların bir kısmı nem miktarındaki farklılıklara bağlanmıştır. Yağ miktarı azaldıkça, yağsız

kısımda nem oranı da azalmıştır. Daha düşük yağ içerikli peynirlerde proteoliz daha düşük oranlarda çıkmıştır. Yağ oranı kompleks modülünü de etkilemiştir ve en önemli etki yağ miktarının % 11'den % 0'a inmesiyle görülmüştür. Koagülant seviyesinin başlangıç modülüne etkisi çok az olmuştur. Peynirler depolama sürecinde yumuşamış ve modüldeki düşüş koagülant seviyesinden etkilenmiştir. 60 gün sonunda 0.25X seviyesinde modülde küçük bir azalma gözlenirken, 1X ve 4X seviyelerinde peynirdeki yumuşama daha belirgin olmuştur. Koagülant ve yağ seviyesinin erime üzerine etkisi kompleks modülüne benzer şekilde olmuştur. Genel olarak yüksek yağ konsantrasyonları ve koagülant düzeyi daha yüksek erime sağlamıştır. Depolama süresince yağsız peynirde çok az bir değişim gözlenmesine rağmen, eriyebilirlik artış göstermiştir.

Kindstedt ve ark. (1995), koagülant konsantrasyonunun mozzarella peynirinde kimyasal kompozisyon, proteoliz ve fonksiyonel özellikler üzerine etkisini araştırmışlardır. Üç farklı koagülant konsantrasyonunda (0.1, 0.08 ve 0.06 mL/kg) üretilen düşük nemli yarım yağlı mozzarella peynirlerinde nem, protein, tuz, kalsiyum ve ilk pH açısından fark görülmemiştir. Çözünür azot, α_s - ve β -CN, eriyebilirlik, tekstür profil analizleri, viskozite ve serbest yağ miktarı 50 günlük depolamaya kadar ölçülmüştür. Depolama süresi uzadıkça, çözünür azot, eriyebilirlik ve serbest yağ artmış, α_s -CN, sertlik, esneklik ve görünür viskozite düşmüştür. Koagülant konsantrasyonundaki değişiklikler, serbest yağ üzerine önemli bir etki yapmıştır ve depolama süresi ve koagülant konsantrasyonunun çözünür azot üzerine etkisi arasındaki etkileşimler önemli bulunmuştur. Düşük koagülant konsantrasyonu, düşük miktarda çözünür azot ve serbest yağ ile sonuçlanmıştır. Koagülant konsantrasyonunun % 40'a kadar düşürülmesi, kompozisyon, proteoliz ve fonksiyonel özellikler üzerine 50 günlük soğuk depolama süresince sınırlı bir etki yapmıştır.

Yun ve ark. (1993d), koagülant tipinin ve soğukta depolamanın mozzarella peynirinin erime öncesi ve sonrasındaki fonksiyonel özellikleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Kültür kullanılan mozzarella peynirlerinin yapımında 3 farklı koagülant (*Endothia parasitica* proteazı, fermentasyon ürünü kimozi ve *Mucor mihei* proteazı) kullanmışlardır. 4 °C'de 50 günlük depolama süresince peynirlerde erime öncesinde tekstürel profil parametreleri (sertlik, koheziflik ve esneklik) düşüş gösterirken, eriyebilirlik artmış, erime sonrası viskozite düşmüş, serbest yağ oluşumu artmıştır.

Bununla birlikte, *E. parasitica* proteazı ile üretilen peynir tekstürü daha yumuşak ve eriyebilir olmuştur ve daha düşük viskoziteye sahip bulunurken erime sırasında daha fazla serbest yağ oluşumu görülmüştür. Genel olarak *Mucor mihei* proteazı ile üretilen peynirler fonksiyonel karakteristikler açısından benzer bulunmuştur.

Yun ve ark. (1993e), koagülant tipinin, soğukta depolama süresince mozzarella peynirinde başlangıç kimyasal kompozisyonu ve proteoliz üzerine etkisini araştırmışlardır. Mozzarella peynirlerinin yapımında 3 farklı koagülant (*Endothia parasitica* proteazı, fermentasyon ürünü kimozen ve *Mucor mihei* proteazı) kullanmışlardır. Koagülant tipinin, pH, nem, protein veya yağ konsantrasyonu üzerine bir etkisi olmamıştır. Tuz miktarı ve kuru maddede yağ oranına etkisi az olmuştur. % 12'lik TCA'da ve pH 4.6 asetat tamponunda çözünür azot miktarı hepsinde artış gösterirken, *E. parasitica* proteazı ile yapılanlarda bu artış maksimum olmuştur. Tüm peynirlerde depolama sürecinde α_s -kazein parçalanmıştır. β -kazein proteolizi sadece *E. parasitica* proteazı ile yapılanda görülmüştür. Mozzarella peyniri üretiminde kullanılan koagülant tipinin 4 °C'de 50 günlük depolama sürecinde proteoliz üzerine önemli etkisi vardır.

Ghosh ve Singh (1991), farklı pıhtılaştırıcı enzimler ile üretilen mozzarella peynirlerinin kalitesi üzerine çalıştıkları araştırmada, % 4 yağ oranına standardize edilmiş manda sütlerinden mikrobiyal Meito ve Modilase rennetleri ve kontrol olarak buzağı renneti kullanarak 3 farklı mozzarella peyniri üretmişlerdir. Bunlardan Modilase renneti ile yapılan peynirler yapı ve tekstür bakımından buzağı rennetine benzer özellik göstermiştir. Buzağı rennetinden yapılan peynirlerde kuru madde ve yağ kaybı fazla iken mikrobiyal rennetle yapılanlarda verim ve erime daha iyi bulunmuştur. En iyi uzama buzağı renneti ile yapılanlarda görülmüştür.

2.2.4. Dondurma-Çözündürme

Düşük nemli mozzarella peynirinin fonksiyonel özellikleri üzerine dondurma koşullarının araştırıldığı bir çalışmada, olgunlaştırma süresinin (6 ve 21 gün 4°C), dondurma öncesi ve sonrasında olgunlaşmanın ve dondurarak depolamanın (-20 °C'de 3 ay) etkisi, görünür viskozite, serbest yağ oluşumu ve eriyebilirlik değerlerinin ölçümüyle belirlenmiştir. Sonuçlar, 4 °C'de 6-42 gün arasında depolanan kontrol örnekleriyle karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, son ürün tüketim öncesinde 14-21 gün

arasında 4 °C'de olgunlaştırılırken, düşük nemli mozzarella peyniri dondurulabilir ve kalitesini kaybetmeden -20 °C'de depolanabileceği bildirilmiştir (Bertola ve ark., 1996).

Califano ve Bevilacqua (1999), vakum paketlenmiş düşük nemli mozzarella örneklerini hem geleneksel metotla 4 °C'de hem de örnekleri olgunlaştırma öncesi (-10 °C) dondurup çözündürme (4 °C) işlemiyle olgunlaştırmışlardır. Her hafta 9 organik asit (formik, pürivik, orotic, ürik, laktik, asetik, sitrik, propiyonik, ve bütirik) yüksek basınç sıvı kromatografisi (HPLC) ile analiz edilmiştir. Dondurup çözündürme döngüsünün organik asit varyasyonları üzerine herhangi bir önemli etkisi olmamıştır. Bunlar sadece olgunlaştırma süresinden etkilenmişlerdir. Her organik asit olgunlaşma sırasında değişimin karakteristik bir aşamasında oluşmuştur.

Kuo ve ark. (2003a), pasta filata olan ve olmayan mozzarella peynirinde dondurma işleminin etkisinin nükleer manyetik rezonans (NMR) ile görüntülenmesi üzerine çalışmışlardır. Donma sırasında mozzarella peynirlerinde buz oluşumu ve suyun yer değiştirmesi, gevşeme süresi (T2) ve dondurularak ve dondurulmadan depolama sırasında peynirlerdeki suyun difüzyon katsayısındaki (D) değişimler NMR görüntü tekniği ile gözlemiştir. Peynirlerde donmanın etkilerini karakterize etmekte kullanılan, suya ait D ve T2 değerleri, dondurma çözündürme işlemleri sırasında önemli değişimler göstermiştir. Dondurulan pasta-filata mozzarella peynirlerinin D değerleri dondurulmayanlardan yüksek bulunmuştur. Pasta-filata olmayan mozzarella peynirlerinde böyle bir farklılık gözlenmemiştir. Dondurulmuş pasta-filata mozzarella örneklerinin T2 dağılımı daha dar aralıkta iken, pasta-filata olmayan örneklerde dağılım geniş bulunmuştur. Bu durum, peynirlerin mikrotekstürlerindeki farklılığa bağlanmıştır .

Dondurarak depolamanın pasta filata ve nonpasta-filata mozzarella peynirlerinin fiziksel özellikleri üzerine etkisinin araştırıldığı bir başka çalışmada, dondurma öncesinde 7 °C'de 2, 7 ve 14 gün olgunlaştırmanın ve -20 °C'de 1 ve 4 hafta depolamanın eriyebilirlik, uzayabilirlik ve mikrotekstür üzerine etkileri incelenmiştir. Sonuçlar 7 °C'de 2-21 olgunlaştırılan dondurulmamış kontrol örnekleriyle kıyaslanmıştır. Dondurularak depolanan peynirlerin fiziksel özelliklerinde dondurulmayanlara kıyasla kritik bir mikrotekstür deformasyonu görülmüştür. Genel olarak, dondurma öncesinde olgunlaştırma ve sonrasında temperleme işlemi peynirlerde eriyebilirliği artırmıştır. Dondurularak depolanan pasta-filata mozzarella peynirinin uzayabilirliği temperleme sırasında artarken, nonpasta-filata peynirlerindeki

olgunlaştırma ve temperleme sırasında azalmıştır. Çoğunlukla, dondurularak 1 hafta depolanmış pasta-filata mozzarella peynirleri, 4 hafta depolanandan daha yüksek eriyebilirlik ve uzayabilirlik özelliklerine sahip bulunmuştur (Kuo ve ark., 2003b).

Oberg ve ark. (1992b), düşük nemli yarım yağlı mozzarella peyniri üzerine dondurma, çözündürme ve dilimlemenin etkisini araştırmışlardır. 2.25 kg'lık peynir blokları dilimlenmiş ya da 5x10x7cm'lik bloklara kesilmiş ve dilimlenmiş peynirler -196 °C'de dondurularak -70 °C'de depolanmış ya da -20 °C'de dondurulmuş ve depolanmıştır. Daha sonra 4.4, 12.8 veya 25 °C'de çözündürmüşler ve dondurma sonrası 7, 14, 21 ve 42 gün sonrasında sarmal viskozimetre ile uzayabilirlik, modifiye tüp testi ile erime, reflektans kolorimetresiyle pişme rengi analizlerine tabi tutmuşlardır. 4.4 °C'de depolanmaları kontrol olarak belirlemişlerdir. Dilimleme, dondurma ve çözündürme sıcaklığı ve depolama süresi, pişme rengi üzerine hiçbir önemli etki yapmamış, bununla birlikte dondurulan peynirler dondurulmayanlara kıyasla daha iyi bir uzayabilirlik göstermiştir. Dilimlenmeden dondurulan peynirler dilimlenerek dondurulanlara kıyasla daha az erime göstermiş ve -20 °C'de dondurulanlar -196 °C'de dondurulandan daha fazla eriyebilirlik sergilemiştir. 4.4 °C'de depolanmış peynirler dondurularak depolanandan daha iyi erimiştir. Çözündürme sıcaklığının tek başına uzayabilirlik veya erime üzerine hiçbir etkisi olmamıştır. En fazla uzayabilirlik, -196 °C'de dondurulan, dilimlenen ve en az 21 gün depolanmış mozzarella peynirinde; erime ise, en fazla -20 °C'de dondurulmuş çok kısa bir süre depolanmış mozzarella bloklarında görülmüştür.

2.2.5. Homojenizasyon

Yüksek basınçta mikrofluidization ile homojenizasyon işleminin mozzarella peynirinin mikrotekstürü üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, farklı basınç (34, 103 ve 172 MPa) ve sıcaklıklarda (10, 43 ve 54 °C) mikrofluidizasyon ile homojenize edilen sütlerden (% 1.0 ve % 3.2 yağ) yapılan tam yağlı ve az yağlı mozzarella peynirlerinin mikro yapısı karşılaştırılmıştır. 4 °C'de 1 gün ve 6 hafta depolama sonrasında scanning elektron mikroskopuyla elde edilen mikrograflar homojenize edilmemiş kontrollerde ve 10 °C'de homojenize edilerek yapılan örneklerde kazein matriksi arasında daha büyük yağ globülleri bulunduğunu göstermiştir. Sıcaklığın artırılması globül çapının küçülmesine, yağın sıvılaşmasına ve daha kolay

parçalanmasına yol açmıştır. Sonuçlar, homojenizasyon sıcaklığı ve basıncının mozzarella peynirinde mikrotekstürün gelişmesini etkilediğini göstermiştir (Tunick ve ark., 2000).

Tunick (1994), mozzarella peynirinde serbest yağ oluşumu üzerine homojenizasyon ve proteolizin etkisinin araştırmıştır. Mozzarella peynirinin ısıtılmasıyla oluşan serbest yağ miktarı, kazein ve yağ arasındaki interaksiyonlara bağlı olarak değişmiştir. Peynire işlenecek sütün homojenizasyonu serbest yağ miktarını azaltırken, sadece yağsız sütün homojenizasyonu hiçbir etki yapmamıştır. Homojenize edilmemiş süttten yapılan peynirde serbest yağ oluşumu, kuru maddede yağ yüzdesinde ve protein parçalanmasındaki artışla birlikte artmıştır. Peynir yağı yüksek sıcaklıkta erirken ve homojenize mozzarelladaki serbest yağın daha düşük bir sıcaklıkta erimesine rağmen peynir yağı, serbest yağ ve süt yağının termal profilleri benzer bulunmuştur. Serbest yağın erime ısısı ve yağ asidi kompozisyonu bu peynir yağından farklılık göstermemiştir.

Sheehan ve ark. (2005), yüksek basınç uygulamasının yağı azaltılmış (% 10.7) mozzarella peynirinin fonksiyonel ve reolojik özellikleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Ürettikleri peynirin bir kısmını 1. gün 21 °C'de 16 saat temperledikten sonra aynı sıcaklıkta 400 MPa basınçla 5 dakika muamele etmiş ve 4 °C'de 25 gün depolamışlardır. Kalan peynirler de 21 °C'de 16 saat temperlendikten sonra 4 °C'de 35 gün depolanmışlardır. Yüksek basınç uygulamasının ve depolama süresinin protein başına ayrılabilir serum miktarı üzerine önemli etkisi olduğu ve yüksek basınç uygulanan peynirlerde depolamanın 2. gününde daha yüksek olduğu bulunmuştur. Yüksek basınç uygulaması ayrıca, 1 günlük depolama sonunda L değerini (beyazlık), a ve b değerlerini düşürmüştür fakat, 75 gün depolama sonrasında hiçbir etki gözlenmemiştir. Bununla birlikte, bu uygulama, kompozisyon, pH, proteoliz, reolojik özellikler veya ısıl işlem görmüş peynirin akışkanlık ve uzayabilirliğini etkilememiştir.

O'Reilly ve ark. (2001), yüksek basınç uygulamasının mozzarella peynirinin fonksiyonel ve reolojik özellikleri üzerine etkisini inceledikleri çalışmada düşük nemli mozzarella peynirlerini 4 °C'de depolamanın farklı aşamalarında yüksek basınçla muamele etmiş ve sonrasında analiz etmişlerdir. Proteoliz yüksek basınç uygulamasından etkilenmemiştir. Confocal laser scanning microscopy ölçümünde parakazein matriksinin su tutma kapasitesinin yüksek basınç uygulaması sonucunda

arttığı görülmüştür. Yüksek basınç uygulaması, akışkanlığı artırırken erime süresini kısaltmıştır. Bir günlük peynirlerde alınan bu ölçümler, yüksek basınç uygulamasının peynirlerde olgunlaşmayı hızlandırdığını göstermektedir .

Rowney ve ark. (2003b), homojenizasyon ve süt yağı fraksiyonlarının mozzarella peynirinin fonksiyonları üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada, mozzarella peynirlerini yüksek erime noktalı (stearin) veya düşük erime noktalı (olein) süt yağı fraksiyonu veya susuz süt yağı içeren 2.6 MPa basınçta homojenize edilmiş sütlerden üretmişlerdir. Süt yağının erime noktası, yağ globüllerinin boyut ve şeklini etkilememiştir, yine, homojenizasyonun süt yağı poliformik fazı üzerine etkisi olmamıştır. Yağ globülü boyutu ve şeklinde serbest yağ oluşum miktarına bağlı olarak hiçbir değişiklik olmamıştır. Süt yağının poliformik fazı serbest yağ oluşumunu ve görünür viskoziteyi etkilememiştir. Düşük erime noktalı fraksiyon, büyük miktarda serbest yağ oluşumuna neden olurken, yüksek erime noktası, 60 °C'de eritilen peynirlerde yüksek viskoziteyle sonuçlanmıştır. Homojenize ve homojenize edilmemiş sütler ve bunların karışımları (1:1) kullanılarak üretilen peynirlerde homojenize süt kullanımının serbest yağ oluşumunu azalttığı ve viskoziteyi yükselttiği görülmüştür .

Tunick ve ark. (1993), homojenize (10.300 ve 10.200 kPa) süttten yapılan az yağlı ve tam yağlı mozzarella peynirlerinin reoloji ve proteolizi üzerine çalıştıkları araştırmada, 45.9 ve 32.4 °C pişirme sıcaklıkları kullanmışlardır. Düşük sıcaklıklar yüksek nem içeriği ve 6 haftalık soğuk depolama boyunca α_{s1} -kazeinin, α_{s1} -I-kazeine degradasyonu ile sonuçlanmıştır. 17.200 kPa peyniri hariç, proteoliz nem oranına bağlı değişmiştir. Sertlik homojenizasyon basıncıyla artmış ve nem ve yağ oranındaki düşüşle azalmıştır. Erime özellikleri yüksek yağ içerikli mozzarella peynirine benzer az yağlı bir mozzarella peynirinin, homojenize süt, düşük sıcaklık uygulaması ve soğuk depolama ile elde edilebileceği bildirilmiştir.

Tunick ve ark. (1996), mozzarella peynirinde depolama sırasında tekstürel değişiklikleri açıklamak için kazein alt misellerinin yapılanmasını inceledikleri çalışmada 0. hafta ve 4 °C'de 6 hafta depolama sonrasında elektron mikroskobu görüntüleme tekniği ile peynirlerin protein matriksinin ultra yapısını karşılaştırmışlardır. Bu çalışmada, homojenize (10.3 ve 17.2 MPa) ve homojenize edilmemiş süttten yapılan az yağlı ve tam yağlı mozzarella peynirleri kullanılmıştır. 17.2 MPa basınçta homojenize edilen az yağlı peynirlerde altmiseller proteolizdeki düşüşe bağlı olarak

farklı şekilde yapılanmıştır. Homojenize süt peynirlerinde altmiseller yağ globüllerinin etrafında yeni bir membranın parçasını oluşturmuşlardır. Altmisel boyutları ve dağılımındaki değişimler taze ve olgunlaştırılmış mozzarella peynirleri arasındaki tekstürel farklılıkları açıklamıştır.

2.2.2. Diğer Üretim Parametrelerinin Etkileri

Yu ve Gunasekaran (2004), farklı koşullar altında üretilen mozzarella peynirlerinin kompozisyonel, reolojik ve fonksiyonel özelliklerini analiz etmişler ve sistem değişkenleri (spesifik mekanik enerji, çıkış sıcaklığı) ile peynir özellikleri arasında ilişki kurmuşlardır. Peynirlerdeki nem içeriği, spesifik mekanik enerji arttıkça azalmıştır. Peynirin nem miktarı ile çıkış sıcaklığı arasında, kuru maddede yağ ile spesifik mekanik enerji ve kuru maddede yağ ile çıkış sıcaklığı arasında ilişki bulunmuştur. Bu ilişkilere dayanarak, elde edilen peynirin pasta filata prosesindeki operasyon parametrelerinde oynamalar yapılarak optimize edilebileceği önerilmiştir. Peynir örneklerindeki mikrotekstürel niteliklerin gelişimi bu sonucu desteklemiştir .

Mayers ve Sutherland (2002a), yüksek yoğurma sıcaklıklarının mozzarella peynirinin özelliklerine etkisini araştırdıkları çalışmalarında, tek burgulu pilot ölçekli bir yoğurucu (JN-500CS, Johnson Industries, Windor WI, US) kullanarak üç farklı peynir çıkış sıcaklığı (60, 67 ve 75 °C) denemişlerdir. Peynir çıkış sıcaklığının 60 °C'den 67'ye getirilmesi proteoliz oranını azaltmış, 75 °C'ye getirilmesi ise proteoliz ve fonksiyonel özellikler üzerine küçük bir etki yapmıştır. Bununla birlikte, sıcaklık artırıldıkça yoğurucuda meydana gelen yağ kaybı artmış ve sonucunda peynirin yağ oranı azalmıştır.

Rowney ve ark. (2003a), mozzarella pıtısında serbest yağ oluşumu üzerine sıkıştırma, gerdirme ve pişirme sıcaklığının (55, 65 ve 75 °C) etkisini araştırdıkları çalışmada, confocal laser scanning electron microscopy kullanarak yağ globüllerinin boyutlarını ölçmüşlerdir. Serbest yağ, 65 °C'de 50'den 2000 mm/dk'ya sıkıştırma ile, 65 °C'de 1000-2500 mm/dk gerdirme ile ya da % 40'dan % 80'e sıkıştırma ile önemli değişim göstermemiştir. Gerdirme 1000'den 2500 mm/dk'ya çıkarıldığında uzama faktörü 1.91'den 2.61'e çıkmıştır. Pıhtıyı sıkıştırmanın yağ globülü boyut ve şekline etkisi olmamıştır. Gerdirme artırıldığında serbest yağ oluşumu artmıştır. Su sıcaklığının artırılması globüllerin yüzey alanı ve çapını ve serbest yağ oluşumunu artırmıştır.

Steven ve ark. (1997), mozzarella peynirinde plastiziye etme ve ekstürüzyon prosesinin sistem analizini yapmışlardır. Farklı sıcaklıklar (57, 66 ve 74 °C) ve mikser vida hızlarının (19, 12 ve 5 rpm) az yağlı ve yarım yağlı mozzarella peynirlerinde mikserin dolu bölümünün uzunluğu, erime çıkış sıcaklığı, spesifik mekanik enerji ve viskoelastik özellikler üzerine etkisi ölçülmüştür. Pişirici-yoğurucudaki düşük kopma stresi peynirde daha elastik bir yapının oluşmasını sağlamıştır .

Yun ve ark. (1993b), pişirme sıcaklıklarının soğukta depolama süresince mozzarella peynirinin kimyasal kompozisyonu, fonksiyonel özellikleri ve proteolizi üzerine etkisini araştırmışlardır. Mozzarella peynirlerinin yapımında 3 farklı pişirme sıcaklığı (38, 41 ve 44 °C) uygulanmıştır. Pişirme sıcaklığının, peynirde yağ, protein veya tuz konsantrasyonu üzerine bir etkisi olmamıştır. Bununla birlikte, yüksek pişirme sıcaklığı, daha düşük nemli bir peynir elde edilmesine neden olmuştur ve 4 °C'de 50 günlük depolama süresince proteolizi düşürmüştür. Tüm peynirlerde depolama sürecinde % 12'lik TCA'da ve pH 4.6 asetat tamponunda çözünür azot miktarı artış gösterirken, α_s -kazein miktarı azalmış, fakat β -kazein miktarı sabit kalmıştır. Pişirme sıcaklığındaki değişimler eriyebilirlik, serbest yağ oluşumu gibi fonksiyonel özellikleri önemli derecede etkilememiştir. Bununla birlikte, erime sonrası viskozite yüksek pişirme sıcaklığı uygulananlarda yüksek bulunmuştur. 4 °C'de depolama süresinin artırılması, erime öncesi peynir sertliğini ve serbest yağ oluşumunu artırmış, viskoziteyi düşürmüştür.

Barbano ve ark. (1994), karıştırılmış pıhtı yöntemi ile salamurasız mozzarella peyniri üretimi üzerine çalışmışlardır. Bu metotla kimyasal kompozisyon açısından homojen, arzu edilen fonksiyonel özelliklere sahip mozzarella peyniri üretmişlerdir. Bununla birlikte bu yöntemle üretilen düşük nemli yarım yağlı mozzarella peynirinin nem içeriği % 44-45 gibi çok düşük bir düzeyde olmuştur. Peynirdeki bu nem konsantrasyonunu artırmak için karıştırılmış pıhtı yöntemi geliştirmişlerdir. Bu yöntemle peynir nemi % 45'den % 52'ye kontrol edilebilirken, normal tuz, pH değeri ve yağ içeriği sağlanabilmiştir. Soğuk depolama sırasında proteoliz ve fonksiyonel özelliklerdeki değişimler ticari peynirlere benzer bulunmuştur.

Madsen ve Qvist (1998), ultrafiltrasyonla mozzarella peyniri üretimi üzerine çalıştıkları araştırmada, UF yönteminin mozzarella peynirinin eriyebilirlik özellikleri üzerine olumsuz etkisini gidermek için serum proteinlerini proteinazlarla (Porcine

tripsini), *Bacillus licheniformis* proteinazı (BLP) ve *Bacillus subtilis* proteinazı (neutrased)) hidrolize etmişlerdir. Serum proteini içermeyen geleneksel mozzarella peynirinde proteoliz düşük bulunurken (çözünür azot < % 10), eriyebilirlik % 20-40'lık bir çap genişlemesiyle iyi bulunmuştur. Yaklaşık % 7 serum proteini içeren UF mozzarella peynirlerinde ve proteinazla muamele edilenlerde eriyebilirlik %5-10'luk çap artışıyla düşük bulunmuştur. Proteinaz ilavesi proteolizi etkilememiştir. Neutrased ile muamele edilen UF mozzarella'da erime yüksek proteoliz seviyelerinde geleneksel mozzarella'ya benzer bulunmuştur. Bununla birlikte eritilmemiş peynir çok yumuşak ve acı olmuştur. BLP ile muamele edilenlerde erime ve aroma bozukluğu 5 hafta olgunlaştırmayla düzelmiştir. Kapılar elektroforez analizi sonucunda kullanılan proteinazların hiçbirinin serum proteinlerini hidrolize edemediği ve eriyebilirlikte meydana gelen gelişmenin kazeinin hidrolizine bağlı olduğunu göstermiştir.

Ardisson ve ark. (2004), yüksek konsantrasyonda [konsantrasyon faktörü (CF): 6, 7, 8 ve 9 olan retentatlar ve pH 6,0 mikrofiltrasyon retentatı (MF)] yağsız süt kullanarak sürekli sistemle az yağlı düşük nemli mozzarella peyniri üretimi üzerine çalışmışlardır. CF:4 retentatı kullanılarak yapılan peynirlerde kompozisyonel ve proteolitik etkiler ve fonksiyonel özellikleri incelenmiştir. Pastörize yağsız süt 0,1 µm seramik membran kullanılarak 50 °C'de CF:6, 7, 8 ve 9'a mikrofiltre edilmiştir. Sabit bir kazein:yağ oranı elde etmek için sütlere uygun oranda krema ilavesi yapılmıştır. Peynir altı suyu ayrılmasındaki azalma 4 CF peynirinde % 90'nın üzerinde bulunmuştur. MF peynirlerinde proteoliz ve fonksiyonel özelliklerin gelişimi starter kültür kullanılmamasına, düşük seviyede rennet kullanımına ve MF retentatında kalan yüksek molekül ağırlıklı serum proteini fraksiyonlarının proteolizi inhibe etme etkisine bağlı olarak ticari peynir örneklerine kıyasla yavaş olmuştur.

Jana ve Upadhyay (1997), manda sütünden düşük nemli mozzarella peyniri üretiminde iki farklı yöntemi (GAU ve NDRI prosesi) karşılaştırmışlardır. Bu yöntemlerden GAU prosesi üretim süresinin kısalığı, yüksek peynir verimi, iyi eriyebilirlik ve pizzada yağ ayrılması ve orta düzeyde çiğnenebilirlik özellikleri ile daha iyi bulunmuştur. Diğer taraftan, NDRI prosesi ile üretilen peynirler, süt kuru maddesinin peynire dönüşümü ve tekstürel karakteristikler ile dilimlenebilirlik bakımından daha iyi bulunmuştur .

2.2. Mozzarella Peyniri Üzerine Yapılan Diğer Araştırmalar

Johnston ve ark. (2002), mozzarella peynirinde hidrokolloid kullanımı üzerine yaptıkları çalışmada, hidrokolloid olarak farklı konsantrasyonlarda (% 0.005, 0.015, 0.025 ve 0.050) β -kazein ve κ -karragenan kullanmışlar ve süte pastörizasyon ve koagülasyon öncesinde ilave etmişlerdir. Karragenanın çözündürülmesinde normal pastörizasyon sıcaklık ve süresi kullanılmışlardır. Mozzarella peynirlerini asit-starter kombinasyonu ile kuru tuzlama yöntemi ile üretmiş ve kimyasal, kompozisyonel ve yapısal analizlere tabi tutmuşlardır. Karragenanın süte koagülasyon öncesinde % 0.025 seviyesine kadar ilavesi peynir nemini ve peynir bloğu stabilitesini artırmıştır. Bununla birlikte, pıhtı kesiminde pıhtının gerginliği azalmış ve seruma yağ kaybı artmıştır. Pizza üzerinde erimiş peynir kütlelerinin görünüm ve yumuşaklığı karragenan ilavesiyle çeşitlilik göstermiştir. Kontrole kıyasla yanık (kabarık) boyutu azalmış, renk beyazlaşmış ve soğuma sırasında saydamlık ve yağ ayrılması azalmıştır. Daha önemlisi, duyu olarak ağza alındığında yumuşaklığı uzayabilirliği etkilemeksizin gelişmiştir. Kimyasal analizler karragenanın % 95'inden fazlasının peynirde kaldığını göstermiştir .

Metzger ve Barbano (1999), mozzarella peynirinde erime sonrası çığnenebilirliğin ölçümü için ampirik bir test yöntemi geliştirmişlerdir. Bu yöntemde, 30 g dilimlenmiş mozzarella peyniri alüminyum folyo kaplı metal bir forma yerleştirilmiş ve 125 °C'de 10 dakika tutularak eritilmiştir. 49 °C'ye soğutulduktan sonra 13x13 mm parçalara ayrılmış ve Stomacher haznesine alınarak 38 °C'de 60 mL su ilave edilerek 20 s parçalanmıştır. Elde edilen bulamaç iç içe elek demetlerine aktarılmış ve her elekteki katı maddenin yüzdesi belirlenmiştir. Peynir iyi bir çığnenebilirlikte ise elek üzerinde daha fazla katı madde kalmış, tersi durumda peynir çok ufak parçalara ayrılmış ve çoğunluğu elek altına geçmiştir. Elde edilen sonuçlar duyu analiz yapılarak kıyaslanmıştır. Ampirik erime sonrası çığnenebilirlik testinin basit, kalitatif bir metot olduğu ve mozzarella peynirinde erime sonrası çığnenebilirlik ölçümü için kullanılabileceği bildirilmiştir.

Wang ve Sun (2002), pişirme koşullarının peynirin erime karakteristikleri üzerine etkisini bir bilgisayar görüntüleme teknolojisi ile ölçmüşlerdir. Bu yöntem hem mozzarella hem de cheddar peyniri için uygun bulunmuştur. Pişirme süresi (0-20 dak) ve sıcaklığının (70-200 °C) cheddar ve mozzarella peynirinde erime derecesi ve erime oranı üzerine etkisini incelemişler ve her iki peynirin erime özelliklerini

karşılaştırmışlardır. Her iki peynir de pişirmenin başlangıç aşamasında hızla erimiş ve 3-4 dakika içinde erime yavaşlamıştır. Maksimum erime derecesi ve oranı 130-160 °C'de görülmüştür. Yüksek pişirme sıcaklık ve süreleri erimeyi azaltmıştır. Tüm pişirme sıcaklıklarında cheddar peyniri mozzarella peynirinden daha fazla ve hızlı erimiştir.

Kuo ve ark. (2001), pasta filata ve non pasta filata mozzarella peynirinde 10 günlük depolama süresince nükleer manyetik rezonans tekniği ile su aktivitesi üzerine çalışmışlardır. Pasta filata mozzarella'daki suyu fraksiyonlara ayırmışlardır (T21, T22, A1 ve A2). Non pasta filata mozzarella peynirinde suyun moleküler aktivitesi pasta filata mozzarella'daki daha az aktif su fraksiyonuna benzer bulunmuş, genel olarak her iki peynirde de T1 ve T2 değerleri 10 günlük depolama süresince artmıştır.

Farkye ve ark. (1991), soğuk depolama süresince (1. ve 14. gün) mozzarella peynirinde proteoliz üzerine çalışmışlardır. Alınan mozzarella peynirlerini salamura ile 4 saat muamele etmişler ve farklı kesitlerden alınan örneklerde tuz, nem ve proteolize bakmışlardır. Taze peynirlerde tuz oranı yüzeyde en fazla bulunurken, 14 günlük olgunlaştırma sonrasında daha lineer bir oran çıkmıştır. Nem oranı taze peynirlerde merkezde ve en dış yüzeyde daha düşük çıkmıştır. 14 gün sonunda nem dağılımı benzer olmamış ve kesitler arasında önemli farklılık bulunmamıştır. Depolama süresince α_{s1} ve β -kazein azalmış, suda çözünür azot seviyesi artmıştır.

Pilcher ve Kindstest (1990), Chittenden'da 22 pizza restoranından temin ettikleri mozzarella peynirlerinin kalite özelliklerini incelemişlerdir. İncelenen örneklerin % 55'inde kötü dilimlenme özelliği, % 67'sinde aşırı yağ ayrılması, % 67'sinde çorba gibi erime, % 50'sinde yanma görülmüştür.

Pizza peynirlerinin kimyasal kompozisyonu ve fonksiyonel özellikleri üzerine denatüre serum proteini kullanımının etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, 4 farklı serum proteini konsantrasyonu [(1) % 0-kontrol, (2) % 0.1, (3) % 0.2, (4) % 0.4] denenmiştir. 2. ve 3. uygulamada kontrole kıyasla önemli bir fark görülmemiş fakat 4. peynir fonksiyonel özellikler açısından kontrolden önemli derecede farklı bulunmuştur. Yüksek serum proteini konsantrasyonu, yer yer pıhtıda karıştırılırken parçalanmalara yol açmıştır. Bu durum yağ ve protein kaybına yol açmış, nem oranı kontrol peynirine kıyasla daha yüksek çıkmıştır. Fonksiyonel özellikler açısından da daha sert ve lifli yapı gösterirken düşük erime ve uzayabilirlik sergilemiştir. Özetle, denatüre serum proteinlerinin yüksek konsantrasyonlarda kullanılması pizza peynirleri için uygun

değildir ve yağ ve protein miktarını, fonksiyonel özellikleri olumsuz etkilerken, su tutma kapasitesini artırmıştır (Mead ve Roupas, 2001).

Gasperi ve ark. (2000), mozzarella peynirinde aroma profilini duyuşsal analiz ve kütle spektrometresi ile ölçerek değerlendirmişlerdir. Bu çalışmada proton transfer kütle spektrometresi ile 36 °C’de bekletilen mozzarella peynirlerinin tepe boşluğunda bulunan uçucu organik bileşenlerin ölçümünü yaparak 8 uzman panalistin katıldığı duyuşsal analiz sonuçlarıyla karşılaştırmışlardır. Veriler, en uygun enstrümental parametrelerin tanımlanması, spektral yorumlama ve örnek hazırlama gibi cevapsız kalan bir takım sorulara rağmen duyuşsal analiz sonuçlarına benzer bulunmuştur .

Altieri ve ark. (2005), mozzarella peyniri raf ömrünün uzatılmasında doğal bir antimikrobiyal olan chitosan kullanımını araştırmışlardır. Chitosanın soğuk depolama sırasında mozzarella peynirinde bozucu mikroorganizmaların gelişimini inhibe etme etkisini incelemişlerdir. Peynirlerin üretiminde laktik asit-chitosan solüsyonunu, starter kültüre direk ilave etmişlerdir. Peynirleri 4 °C’de 10 gün depolamışlar ve mikrobiyal gelişim ile pH değerini takip etmişlerdir. Veriler, chitosanın koliform gibi bazı zararlı mikroorganizmaların gelişimini engellerken, *Micrococcaceae* gibi mikroorganizmaları etkilemediği ve laktik asit bakterilerinin gelişimini teşvik ettiğini göstermiştir .

Romano ve ark. (2001), manda sütü mozzarellalarında bulunan mayaları araştırmışlardır. Manda sütü mozzarellası ve Cacio Cavallo Podolico gibi pasta filata peynirlerinde *Saccharomyces cerevisiae*’ya sık rastlanılmıştır. Bu çalışmada ürünün fonksiyonel ve duyuşsal özellikleri üzerine rolleri saptanmak üzere laktoz ve/veya galaktozu fermente edebilen türler (*Kluyveromyces* ve *Saccharomyces*) üzerinde durulmuştur. Sütteki son ürünler belirlenmiştir ve SO₂, yüksek alkoller, etil asetat ve asetaldehit üretim şartlarındaki biyo farklılıklar çalışılmıştır. Özellikler manda sütü mozzarellasından izole edilen *S. cerevisiae* şarap gibi diğer floralardan izole edilenlerle kıyaslanmış, bazı uçucu bileşiklerin oluşumunda önemli farklılıklar bulunmuştur.

Mozzarella peyniri analogları üretiminde kazein performansı üzerine ticari rennet kazeinlerinin bazı fizikokimyasal karakteristiklerinin etkilerinin incelendiği bir çalışmada 10 rennet kazeininin kompozisyonel ve kromotografik özellikleri ve bunların mozzarella peyniri analogu üretiminde rennet kazeini performansı ile ilişkisi belirlenmiştir. Rennet kazeinleri % 0-1 (w/w) disodyum ortofosfatta 120 dk % 8’lik (w/w) proteinde hidrate edildiğinde çözünen protein ve kalsiyumun miktarı disodyum

ortofosfat konsantrasyonu ve rennet kazeine bağılı olarak değişmiştir. Protein ve kalsiyum çözünlüğündeki farklılıklar ayrıca her rennet kazeininin % 0.5 disodyum ortofosfatta 120 dk % 4 proteinde hidrate edilmesiyle de gözlenmiştir. Çözünen protein ve kalsiyum seviyeleri ve çözünme oranları bazı örneklerde mozzarella peynir analogu üretiminde rennet kazein performansı ile ilişkili bulunmuştur. Bu sonuçlardan yol çıkarak, farklı kazeinlerde kalsiyumun aracılık ettiği protein-protein interaksyonlarının farklı oranlarda ve benzer konsantrasyonlarda Ca tuzunda hidrasyon sırasında farklı büyüklüğe ayrıldığı önerilmiştir. Bu farklılıklar yağsız süte rennet kazein üretimi öncesinde ısı uygulaması esnasında protein ve/veya mineral (kül ve Ca) modifikasyonlarına bağılı olarak oluşabileceği bildirilmiştir. Modifikasyonun büyüklüğü rennet kazeinin disodyum ortofosfatta hidrasyonu ve çözünlüğünü ve onun mozzarella peyniri üretiminde performansını sonradan etkilemiştir (Ennis ve Mulvihill, 1999).

Guo ve Kindstedt (1995), mozzarella peynirinin su fazında olgunlaşmayla oluşan değişimleri araştırdıkları çalışmada düşük nemli mozzarella peynirlerinin 12500 x g'de 75 dakika santrifüjlenmesiyle ayrılan serum miktarını ölçerek su tutma kapasitelerindeki değişimi hesaplamışlardır. Üretimin 2, 4, 8, 12 ve 16 gün sonrasında elde edilen ayrılabilir serumları; ham protein, pH 4,6'da çözünür protein, Ca, P, K, Mg, Na ve Zn konsantrasyonlarının analizinde kullanmışlar ve ürea-PAGE ile protein ve peptitler için değerlendirmişlerdir. Depolamayla birlikte ayrılabilir serum miktarında meydana gelen azalma su tutma kapasitesinin arttığına göstergesidir. Yine serumdaki ham protein ve pH 4,6'da çözünür protein miktarı depolamayla artmış, bununla birlikte ham protein miktarı, pH 4,6'da çözünür proteinden daha fazla bulunmuş ve daha hızlı artış göstermiştir. Ürea-PAGE, hidrolize olmamış α_{s1} - ve özellikle β -kazeinin serumdaki ham proteini büyük ölçüde paylaştığını göstermiştir. Diğer minerallerin aksine olgunlaşma süresince Zn miktarında artış görülmüştür. Olgunlaşma süresince mozzarella peynirinin su fazındaki hidrolize olmamış kazein miktarı ve su tutma kapasitesindeki artışı açıklamak için NaCl'ün protein matriksi üzerinde çözünmesi ve şişmesine dayanan bir model önerilmiştir.

Mehmetak ve Gunasekaran (1997), mozzarella peynirinin gerilme özelliklerindeki anizotropi üzerinde çalışmışlardır. Protein liflerine paralel veya dikey doğrultuda örnek alma yönü, peynir tipi (düşük nemli - yarım yağlı ve yağ oranı azaltılmış) ve deformasyon oranının (5 ve 25 cm/dak), mozzarella peynirinin kırılma

özellikleri üzerine etkisini gerilme testleriyle ölçmüşlerdir. Paralel doğrultudaki kırılma katılığı, stresi ve kuvveti, dikeydekenden 2.8, 2.1 ve 1.4 kez daha yüksek bulunmuştur. Bu durum mozzarella peynirinin anizotropik gerilme özelliklerine sahip olduğunu göstermiştir. Aynı değerler yağı azaltılmış peynirde, düşük nemli yarım yağlı peynirden sırasıyla 5.9, 5.4 ve 1.3 kez yüksek bulunmuştur. Mozzarella peynirinin gerilme özellikleri aynı zamanda deformasyon oranından da etkilenmiştir.

Wang ve Sun (2003), pişirme koşullarından etkilenen cheddar ve mozzarella peynirlerindeki esmerleşmeyi bilgisayar görüntüleme yöntemiyle değerlendirerek karşılaştırmışlardır. Her iki peynirde de pişirme sıcaklığı (70-200 °C) ve süresinin (0-20 dak) esmerleşme üzerine etkisi önemli bulunmuştur. Bununla birlikte, sıcaklık ve süre özel tanımlanmış bir esmerleşme faktörüne (EF) bağlı olarak cheddar ve mozzarella peynirleri için farklı çıkmıştır. Mozzarella peynirinde EF, 2-4 dakikalık pişirmede sıcaklık arttıkça lineer olarak artarken, cheddar peyniri 8-12 dakikalık ısıtma sonrasında 70-130 °C'ler arasında EF ile doğrusal bir ilişki göstermiştir. Sıcaklık 130'dan 160 °C'ye çıkarıldığında şiddetli bir yanma oluşmakta ve bunun peynirde esmerleşmeden sorumlu şekerlerin ve amino gruplarının tükenmesinden kaynaklandığı sanılmaktadır. 160 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda cheddar peynirinin rengi yanmaya bağlı olarak kararmıştır. Sonuçlar ayrıca, bilgisayar görüntüleme metotlarının gelişiminin peynirdeki esmerleşmenin ölçülmesinde objektif ve verimli bir işlev sağladığını göstermiştir.

Proteinle şelat oluşturan demir ve demir kloritle zenginleştirilen mozzarella peynirlerinin kimyasal, fiziksel ve duyuşal özelliklerinin araştırıldığı bir çalışmada; kazeinle şelat oluşturmuş demir, serum proteinleriyle şelat oluşturmuş demir ve FeCl₃ kullanılarak 25 ve 50 mg/kg demir içeren mozzarella peynirleri üretilmiştir. Fiziksel özellikler; eriyebilirlik, görünür viskozite ve pişirilen peynirlerdeki esmerleşmenin ölçülmesiyle belirlenmiştir. 25 mg/kg demir ilavesinin fiziksel özelliklerde hiçbir önemli etkisi olmamış, 50 mg seviyesinde viskozite kontrolden daha yüksek bulunmuş ancak bu değerler hiçbir depolama aşamasında istatistiksel açıdan önemli çıkmamıştır. Pişme rengi demir zenginleştirmesinden etkilenmemiş ve kontrole kimyasal oksidasyon açısından farklılık bulunmamıştır. Duyusal analiz sonucunda, demir zenginleştirmesi uygulanan peynirlerde istatistiksel olarak önemli düzeyde metalik, okside ve yavan tat belirlenmiş fakat, bu aroma kusurları düşük yoğunlukta bulunmuştur. Duyusal açıdan farklı şekilde demir zenginleştirmesi yapılan peynirler arasında önemli bir farklılık

bulunmamış, pizza testi sonucunda panelistler zenginleştirme yapılan peynirlerle kontrolü benzer bulmuştur (Rice ve McMahon, 1998).

Peynir erime karakteristiklerinin araştırıldığı bir çalışmada peynir dilimi boyutlarının peynirin erime özellikleri üzerine etkisi, görüntü analizleri tekniğinin kullanıldığı bir bilgisayar görüntüleme metodu cheddar ve mozzarella peynirlerine uygulanmıştır. Test sonuçları peynir eriyebilirliğinin kare peynir dilimlerinin kenar uzunluğu 25 den 75 mm uzunluğa arttıkça lineer olarak arttığını göstermiştir. Peynirlerin eriyebilirliği ayrıca peynir dilimlerinin kalınlığının 2'den 4 mm'ye artırılmasıyla doğru orantılı olarak artmıştır. Peynir dilimlerinin alan/kalınlık'larının eriyebilirliğe etkisi hem cheddar hem mozzarella peynirleri için benzer bulunmuştur (Wang ve Sun, 2002).

Balestrieri ve ark. (2002), inek veya manda sütünden üretilen mozzarella peynirlerinde oksidatif bozulmayı incelemişlerdir. Protein oksidasyonunu belirlemek için, proteine bağlı karbonillerin, ditrosin ve α -laktalbumin agregatlarının miktarını ölçmüşlerdir. Yağ fraksiyonlarında redoks işareti olarak α -tokoferilquinone/ α -tokoferol oranını ve trolox eşdeğeri antioksidant kapasitesini kullanmışlardır. Proteine bağlı karbonillerin ve α -laktalbumin agregatlarının seviyesi inek sütünden yapılan mozzarella peynirinde daha yüksek bulunmuştur. Diğer taraftan, manda sütü mozzarellasında yüksek miktarlarda redoks işareti bulunmuştur. Ditrosin agregatlarının seviyesi iki peynirde de benzer bulunmuştur. Veriler, manda sütü mozzarellasındaki yağ ve proteinin oksidatif yapı değişikliklerine karşı daha iyi korunmakta olduğunu göstermiştir.

Wang ve Sun (2004), peynirde yağ ayrılması indeksini ölçmek için bilgisayar görüntüleme metoduyla farklı pişirme koşulları altında yağlı yüzey alanı ve parlaklık özelliğinin fark/oranı gibi görüntüyle ilgili parametreleri denemişlerdir. Yağlı yüzey alanı ölçümü daha uygun bulunmuştur çünkü, geleneksel yağ halkası testindeki sonuçlarla yüksek bir korelasyon göstermesine ek olarak gözlemlenene de yakın bir sonuç vermiştir. Hem cheddar hem de mozzarella peynirinde serbest yağ oluşumu pişirmenin ilk aşamasında hızlı bir şekilde meydana gelirken sonlara doğru belirgin bir azalma görülmüştür. Cheddar peynirinde 70'den 200 °C'ye kadar tüm sıcaklıklarda belirgin bir yağ ayrılması meydana gelirken, maksimum yağ ayrılması 160 °C'de olmuştur. Mozzarella peynirinde ise 100 °C'nin altında küçük bir yağ ayrılması olurken

en yüksek değer 130 °C'de gözlenmiştir. Peynirlerde yağ ayrılması özelliği örnek boyutlarından önemli derecede etkilenmiştir. Örnek boyutlarından bağımsız olarak cheddar peynirindeki en yüksek yağ ayrılması pişirmenin 1. dakikasında görülürken 4 dakika pişirme sonrasında küçük bir yağ ayrılması gözlenmiştir. Mozzarella peynirinde serbest yağ oluşumu, farklı sıcaklık ve örnek boyutları denenmesine karşın sınırlı düzeyde bulunmuştur.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Bu araştırma kapsamında mozzarella peynirlerinin üretimi Ondokuz Mayıs Üniversitesi Pilot Süt İşletmesinde gerçekleştirilmiş, üretilen peynirlerin vakum ambalajlanması Zerenler Gıda A.Ş. (Samsun)'da yapılmıştır. Peynirlerin yapımında kullanılan hammadde ve yardımcı maddelerin özellikleri aşağıda belirtilmiştir.

3.1.1. Süt

Mozzarella peynirlerinin üretiminde Bafra Göller yöresinde manda sütü üreten çiftçilerden temin edilen manda sütleri kullanılmıştır. İşletmeye çiğ halde gelen sütler yağ ve kuru madde yönünden standardize edilmiştir.

3.1.2. Starter kültür

Starter kültür olarak Peyma Chr. Hansen's Peynir Mayası Sanayii ve Ticaret A.Ş. (İstanbul)'den temin edilen ve *Streptococcus salivarius ssp. thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus*'dan oluşan dondurularak kurutulmuş DVS TCC-4 termofilik peynir kültürü (50U) kullanılmıştır.

3.1.3. Peynir Mayası

Peyma Chr. Hansen's Peynir Mayası Sanayii ve Ticaret A.Ş. (İstanbul)'den temin edilen Naturen Standard Plus 175 peynir mayası kullanılmıştır.

3.1.4. Tuz

Yerel piyasadan temin edilerek kullanılmıştır

3.1.5. Ambalaj Materyali

Mozzarella peynirlerinin ambalajlanmasında kaşar peynirlerinin vakum paketlenmesinde kullanılan PA/PE ambalaj materyali kullanılmıştır.

3.1.6. Analizlerde kullanılan kimyasal maddeler

Analizler için kullanılan kimyasal maddeler Tablo 3.1' de verilmiştir.

Tablo 3.1. Analizlerde kullanılan kimyasal maddeler

Kimyasal	Firma	Katalog Numarası	Kullanıldığı Analiz
NaOH	Riedel-de Haën	Lot 01250	Asitlik
HCl	Riedel-de Haën	Lot 50910	Protein-Kalsiyum-Fosfor
H ₃ BO ₃	Riedel-de Haën	S 060499	Protein
NaOH	Kimetsan A.Ş.	-	Protein
H ₂ SO ₄	Kimetsan A.Ş.	-	Protein
H ₂ SO ₄	Carlo Erba	Code no:306657	Yağ
	Reagenti	Cas no:7664-93-9	
n-Amilalkol	Merck	S32241 045 8.07500.2500	Yağ
AgNO ₃	Carlo Erba	Cas no:7761-88-8	Tuz
	Reagenti		
HNO ₃	Riedel-de Haën	Lot 23510	Kalsiyum-Fosfor
NH ₄ VO ₃	Baker Analyzed	Lot E18333	Fosfor
(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ .4H ₂ O	Uparc	1236.86	Fosfor
(NH ₄)H ₂ PO ₄	Merck	Art. 1124 1128362	Fosfor
CaCO ₃	Merck	Art. 2069 1116203	Kalsiyum
Lanthanum(III)oxide	Merck	K32653420	Kalsiyum

3.2. Metot

3.2.1. Deneme Planı

İki faktörlü dört muameleli deneme planı kullanılmıştır. İlk faktör peynir çeşidi (A, B, C ve D) olup, ikinci faktör iki muameleli (1. ve 28. gün) depolama süresidir. Deneme üç tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.2. Mozzarella Peynirlerinin Üretimi

Esas denemenin kurulması öncesinde, daha önce yapılan araştırma sonuçlarından da yararlanılarak yapılan ön denemelerle, peynire işlenecek sütlerin hangi yağ ve kuru madde oranına standardize edileceği, hangi starter kültürün kullanılacağı belirlenmiş, farklı mayalama ve serum ayırma pH değerlerinde peynir üretimleri denenerek bu değerlerin peynir üretimine uygunluğu ve peynirlerin kalsiyum konsantrasyonları üzerine etkisi test edilmiştir. Buna göre, esas deneme planı aşağıdaki şekilde oluşturulmuştur.

Dört grup mozzarella peyniri üretilmiştir ve bu dört grup peynir arasındaki farklılık üretimin çeşitli aşamalarında (rennet ilavesi, pıhtı kesimi, peynir altı suyunun

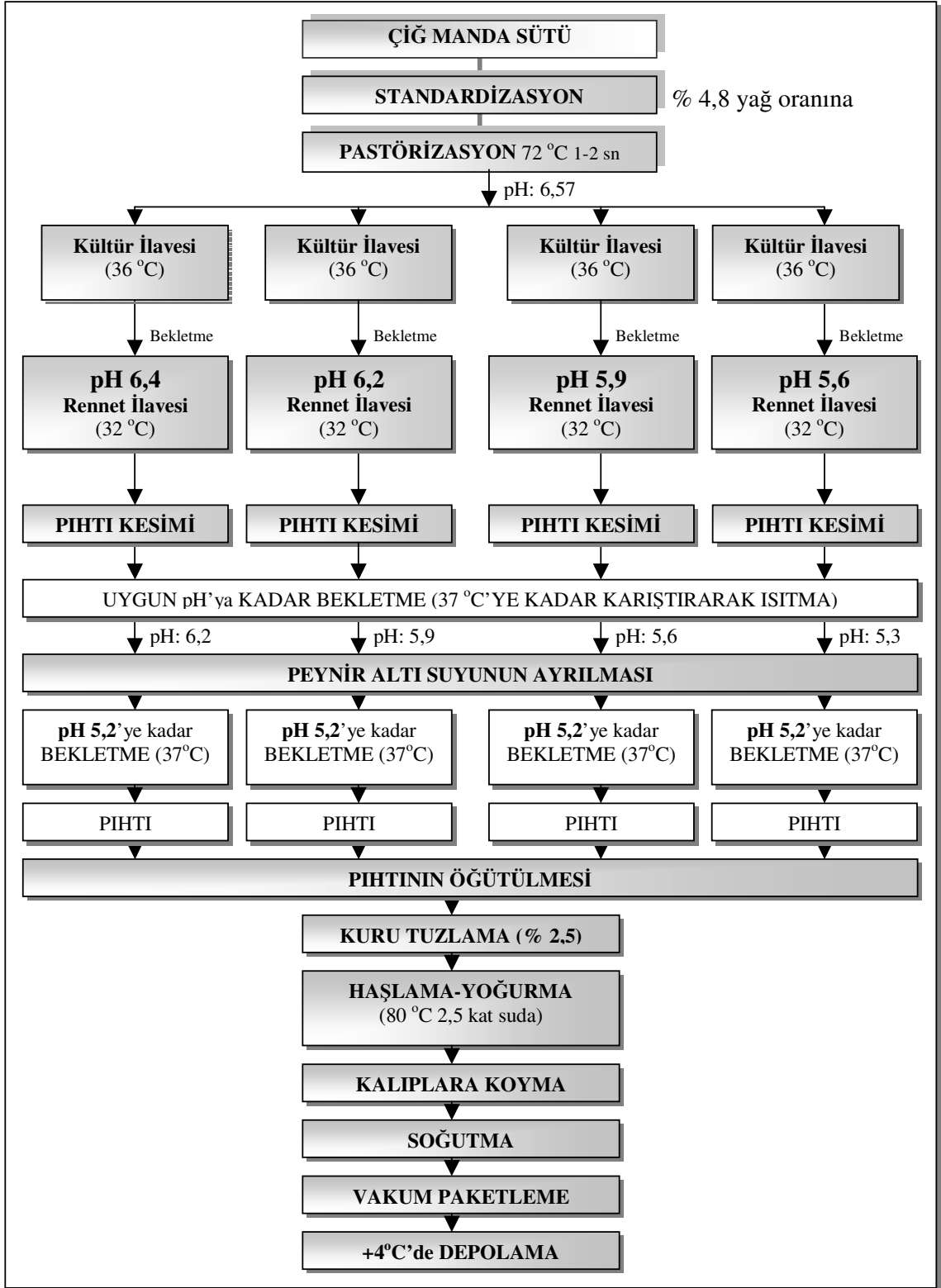
ayrılması) farklı pH değerlerinin kullanılmasıyla sağlanmıştır. Peynirlerin üretim detayları Şekil 3.1’de verilmiştir.

Çiğ manda sütünün yağ oranı seperatörle % 4.8’e standardize edildikten sonra, plakalı pastörizatörde 72 °C’de 1-2 saniye pastörize edilmiş ve 35-40 °C’de 4 adet çift cidarlı peynir teknesine alınmıştır. Sıcaklık 37 °C’ye ayarlandıktan sonra starter kültür paketinde verilen talimata göre belirlenen oranlarda (1 ton süte 1 paket) ilave edilmiştir. Her peynir grubu için belirlenen pH değerine ulaşıldığında (A peynirleri pH 6.4, B peynirleri pH 6.2, C peynirleri pH 5.9, D peynirleri pH 5.6) sütün sıcaklığı 32 °C’ye düşürülerek 40 dakikada pıhtılaşma sağlanacak şekilde hesaplanan miktarda peynir mayası 10 kat sulandırılarak ilave edilmiştir. Pıhtı kesim olgunluğuna ulaşma süresi pıhtı oluşumu süresinin 2 katı olarak alınmıştır. Kullanılacak peynir mayasının kuvveti 1/23000 olarak ölçülmüştür ve süte katılacak miktarı şu eşitlikten yararlanılarak hesaplanmıştır (Metin ve Öztürk, 2002):

$$\text{Maya Miktarı} = \frac{\text{Süt miktarı (mL)} \times 2400 \times 35}{\text{Maya kuvveti} \times \text{Mayalama sıcaklığı} \times t \text{ (s)}}$$

t: Pıhtı Kesim Olgunluğuna Ulaşma Süresi (s)

Pıhtı kesim olgunluğuna ulaşıldığında pıhtı kesimi yapılmıştır. Yine her peynir grubu için belirlenen pH değerine gelindiğinde (A peynirleri pH 6.2, B peynirleri pH 5.9, C peynirleri pH 5.6, D peynirleri pH 5.3) peynir altı suyu ayrılmıştır. Bu süre zarfında peynir altı suyu pıhtı karışımı sıcak tutulmuş (35-37 °C) ve ara ara karıştırılmıştır. Peynir altı suyu ayrıldıktan sonra tüm peynirlerde pıhtı pH’sı 5.20 değerine ulaşana kadar pıhtı 36-37 °C sıcaklığında tutulmuş ve kuru tuzlama aşamasına geçilmiştir. Ögütülen pıhtı kendi ağırlığı üzerinden % 2.5 oranında tuz ilavesiyle iyi bir şekilde karıştırıldıktan sonra yine pıhtı ağırlığının 2.5 katı 80 °C’de su içinde steril bir kürekle haşlanıp yoğrulmuştur. Haşlamada peynir kütesinin merkez sıcaklığı 58-60 °C’ye ulaşıncaya kadar yoğurma işlemi devam etmiştir. Elastik ve düzgün yapıda bir peynir hamuru kitlesi elde edildikten sonra 2 kg’lık kalıplara aktararak 6 saat oda sıcaklığında dinlendirilip +4 °C’deki soğuk hava deposuna alınmışlardır. Belli aralıklarla kalıplar ters çevrilerek soğuma sırasında peynirdeki yağın yüzeyde toplanması engellenmiş ve 12 saat sonra ~250’şer gramlık parçalara kesilip vakum ambalajlanarak +4 °C’de muhafaza edilmişlerdir.



Şekil 3.1. Mozzarella Peynirleri Üretim Akım Şeması

3.2.3. Hammadde Analizleri

3.2.3.1. Süt Analizleri

3.2.3.1.1. pH Değeri

Süt örneklerinde pH değeri, 0.01 birim duyarlılıktaki pH/İon 510 EuTech marka pH metre ve Sensorex S200C marka elektrot kullanılarak belirlenmiştir (Bradley ve ark., 1992).

3.2.3.1.2. Titrasyon Asitliği

Çalışılan örneğin süt olması nedeniyle asitlik tayini % laktik asit cinsinden belirlenmiştir. İşlem öncesi örnek homojen bir şekilde karıştırıldıktan sonra bir erlene 9 g tartılmış, 1 mL fenol fitalein indikatörü eklendikten sonra 0.1 N NaOH ile hafif pembe renk elde edilinceye dek titre edilmiştir. Aşağıdaki formüle göre de % laktik asit miktarı hesaplanmıştır (Bradley ve ark., 1992).

$$\% \text{ Laktik asit} = \frac{0.1 \text{ N NaOH (mL)} \times \text{NaOH faktörü} \times 0.009}{\text{Süt miktarı (g)}} \times 100$$

3.2.3.1.3. Maya Kuvveti Testi

Maya kuvveti, 1 g mayanın 40 dakika içinde 35 °C’de pıhtılaştırdığı süt miktarıdır. Maya kuvvetinin belirlenmesinde 35 °C sıcaklığındaki 50 mL süte % 10’luk peynir mayası çözeltilisinden 1 mL ilave edilmiş ve kronometre ile ilk pıhtının oluştuğu süre tespit edilmiştir. Maya kuvveti aşağıdaki eşitlikten hesaplanmıştır (Metin ve Öztürk, 2002).

$$\text{Maya kuvveti} = \frac{2400 \times \text{Süt miktarı (mL)}}{\text{Pıhtılaşm süresi (s)} \times \text{Maya miktar (g)}}$$

3.2.3.1.4. Kuru Madde Tayini

Sabit tartıma dek 103±2 °C’ de bekletilip desikatörde 15-30 dakika tutularak daraları alınan nikel kuru madde kaplarına 3-4 mL iyice karıştırılmış süt alınarak hassas terazide (Presica XB 220A-0.0001 g hassasiyet) tartım yapılmıştır. 103±2 °C’ de etüvde 3 saat tutulup desikatörde soğutularak tartım yapılmış ve sabit tartıma dek 1 saatlik

periyotlarla işlem sürdürülmüştür. Sonuçlardan örneklerdeki kuru madde yüzdesi hesaplanmıştır (Bradley ve ark., 1992).

$$\% \text{ Kuru Madde} = \frac{\text{Kuru ağırlık (g)} - \text{Dara (g)}}{\text{Örnek miktarı (g)}} \times 100$$

3.2.3.1.5. Kül Tayini

Sabit ağırlığa getirilip daraları alınan porselen krozelere iyice karıştırılmış süt örneğinden 10 g hassas terazide tartıldıktan sonra 103 ± 2 °C' de 1-2 saat tutularak örneğin fazla suyu uçurularak kül fırınında taşması engellenmiştir. Kül fırınına alınan porselen kroze içerikleri kademeli olarak sıcaklığın arttırılmasıyla 550 °C' ye dek yakılmış ve bu sıcaklıkta 3-4 saat daha yakma işlemine tabi tutulmuştur. Kül fırını kapatıldıktan sonra 105 °C' ye soğuyunca krozeler desikatöre alınmış, soğutulmuş ve son tartımları alınarak % olarak kül miktarı hesaplanmıştır (Bradley ve ark., 1992).

$$\text{Kül (\%)} = \frac{\text{Son tartım (g)} - \text{Kroze darası (g)}}{\text{Örnek miktarı (g)}} \times 100$$

3.2.3.1.6. Yağ Tayini

Süt örneklerinin yağ miktarının belirlenmesi Gerber metodu ile süt bütirometreleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. 10 mL 1.820-1.825 özgül ağırlığında H₂SO₄ bütirometreye alınarak üzerine iyice karıştırılmış süt örneğinden (20 °C) bir süt pipeti ile 11 mL yavaşça ilave edilmiştir. Son olarak da 1 mL amil alkol (g :0.812-0.818 (20 °C)) alınarak tıpası kapatıldıktan sonra bütirometre dikkatlice ve yavaşça alt üst edilerek karıştırılmıştır. Ardından en az 15-30 dakika önceden açılıp ısınması sağlanan satrifüje yerleştirilmiş, 1100 devir/dakika hızda 5 dakika işleme tabi tutulduktan sonra bütirometrede oluşan yağ sütünü bütirometrenin taksimatlı skalası sayesinde gerekirse okumayı kolaylaştırmak amacıyla tıpa yukarı itilerek veya aşağı doğru çekilerek oluşan içbükey yayın altında kalan sınır değerinde okuma yapılmıştır. Okunan değer direkt olarak % yağ miktarı olarak alınmıştır (Bradley ve ark., 1992).

3.2.3.1.7. Toplam Protein Tayini

Toplam protein tayini Kjeldahl yöntemine göre yapılmıştır. Bunun için iyice karıştırılmış süt örneğinden protein tüpüne 0.5-1 g tartılıp üzerine % 93-98'lik H₂SO₄'

den 10 mL ilave edilmiş ve 2.2 g (2 g K₂SO₄ + 0.2 g Cu₂SO₄) karışık katalizör eklenerek yakma düzeneğine (Büchi Digest System K-437) yerleştirilmiştir. Örnekler 100 °C' lik her sıcaklık artışında 30 dakika tutulmak koşuluyla kademeli bir sıcaklık artışı uygulanarak 400 °C'ye getirilmiş ve yeşil renk elde edildikten 30 dakika sonra işlem sonlandırılmıştır. Tüp içeriği yakma düzeneğinden çıkarılarak soğutulmuş ve otomatik destilasyon düzeneğine (Büchi Distillation Unit B-324) yerleştirilmiştir. Düzenek otomatik olarak protein tüpüne 40 mL saf su, 70 mL % 30'luk NaOH, destilat toplama bölümüne yerleştirdiğimiz boş erlene 25 mL % 3' lük H₃BO₃ alımı yaptıktan sonra destilasyonu gerçekleştirmiştir. Elde edilen destilat 1-2 damla 1:1 oranında hazırlanmış metilen mavisi-metil kırmızısı karışık indikatörü eşliğinde 0.1 N HCl ile titre edilmiştir. Aynı şekilde örneksiz saf su kullanılarak bir de kör yapılmıştır. İçeriğin toplam azot miktarı aşağıdaki gibi hesaplanmıştır. Harcanan HCl miktarı örnekte harcanan miktardan kör denemede harcanan çıkarılarak bulunmaktadır. Protein miktarı (%), toplam azot miktarının, süt ve süt ürünleri için geçerli olan 6.38 protein faktörü ile çarpılmasıyla hesaplanmıştır (Bradley ve ark, 1992).

$$\text{Toplam azot (\%)} = \frac{\text{Harcanan 0.1 N HCl (mL)} \times 0.0014}{\text{Örnek miktarı (g)}} \times 100$$

3.2.3.1.8. Kalsiyum Tayini

Kalsiyum tayini, peynir bölümünde açıklandığı şekilde AOAC Official Method 991.25 (2000) kullanılarak yapılmıştır.

3.2.3.1.9. Fosfor Tayini

Fosfor tayini, peynir bölümünde açıklandığı şekilde AOAC Official Method 991.25 (2000) kullanılarak yapılmıştır.

3.2.4. Peyniraltı Suyu Analizleri

3.2.4.1. pH Değeri

pH değeri, 0.01 birim duyarlılıktaki pH/lon 510 EuTech marka pH metre ve Sensorex S200C marka elektrot kullanılarak ile belirlenmiştir (Bradley ve ark., 1992).

3.2.4.2. Titrasyon Asitliği

Titrasyon asitliği Bradley ve ark. (1992)'nin verdiği yönteme göre tespit edilmiştir.

3.2.4.3. Kuru Madde

Kuru madde tayininde Bradley ve ark. (1992)'nin verdiği gravimetrik yöntem kullanılmıştır.

3.2.4.4. Yağ

Yağ tayini, sütte olduğu gibi Gerber Yöntemi'ne göre yapılmıştır (Bradley ve ark., 1992).

3.2.4.5. Protein

Azot tayini, Kjeldahl yöntemine göre yakma ve destilasyon cihazları kullanılarak yapılmıştır (Bradley ve ark., 1992).

3.2.4.6. Kül tayini

Kül tayini, Bradley ve ark. (1992)'nin verdiği yönteme göre belirlenmiştir.

3.2.4.7. Kalsiyum Tayini

Kalsiyum miktarının tayininde peynir bölümünde açıklandığı şekilde AOAC Official Method 991.25 (2000) kullanılmıştır.

3.2.4.8. Fosfor Tayini

Fosfor miktarının tayininde peynir bölümünde açıklandığı şekilde AOAC Official Method 991.25 (2000) kullanılmıştır.

3.2.5. Haşlama Suyu Analizleri

3.2.5.1. pH

pH değerini, 0.01 birim duyarlılıktaki pH/lon 510 EuTech marka pH metre ve Sensorex S200C marka elektrot kullanılarak belirlenmiştir (Bradley ve ark., 1992).

3.2.5.2. Titrasyon Asitliği

Titrasyon asitliği Bradley ve ark. (1992)'nin verdiği yönteme göre tespit edilmiştir.

3.2.5.3. Kurumadde

Kuru madde miktarının tayininde Bradley ve ark. (1992)'nin verdiği gravimetrik yöntem kullanılmıştır.

3.2.5.4. Yağ

Yağ tayini sütte olduğu gibi Gerber Yöntemi'ne göre yapılmıştır (Bradley ve ark., 1992).

3.2.5.5. Toplam Protein

Toplam azot tayini, Kjeldahl yöntemine göre yakma ve destilasyon cihazları kullanılarak yapılmıştır (Bradley ve ark., 1992).

3.2.5.6. Kül tayini

Kül tayininde, Bradley ve ark. (1992)'nin verdiği yöntem kullanılmıştır.

3.2.5.7. Kalsiyum Tayini

Kalsiyum miktarının tayininde peynir bölümünde açıklandığı şekilde AOAC Official Method 991.25 (2000) kullanılmıştır.

3.2.5.8. Fosfor Tayini

Fosfor miktarının tayininde peynir bölümünde açıklandığı şekilde AOAC Official Method 991.25 (2000) kullanılmıştır.

3.2.5.9. Tuz Tayini

Tuz miktarının tayininde Metin ve Öztürk (2002)'ün vermiş olduğu yöntem kullanılmıştır.

3.2.6. Deneme Peynir Örneklerinin Analizleri

3.2.6.1. Örneklerin Analize Hazırlanması

Kimyasal analizlerde ve bazı fiziksel analizlerde (ayrılabilir serum ve pişme rengi) kullanılacak peynir örnekleri blenderden geçirilerek yaklaşık 1 mm boyuta getirilmiştir (Metzger ve ark., 2000). Analizlere kadar kapaklı cam kavanozlarda +4 °C'de muhafaza edilmişlerdir. Peynir erime alanının baz alındığı eriyebilirlik testi için peynir örnekleri 10 mm yükseklik, 30 mm çapta silindirik dilimler halinde hazırlanmıştır.

3.2.6.2. Genel Bileşim Analizleri

3.2.6.2.1. Kuru madde

Sabit ağırlığa kadar 105 °C’de kurutulmuş ve darası alınmış bir miktar deniz kumu ve baget içeren nikel kuru madde kaplarına 3 g civarında peynir örneği tartılmış ve kurutma dolabında 105°C’de 3 saat kurutulmuştur. Elde edilen sonuçlardan örneklerdeki yüzde kuru madde miktarı hesaplanmıştır (Bradley ve ark., 1992).

3.2.6.2.2. Yağ

Peynirlerdeki yağ miktarı Gerber yöntemiyle belirlenmiştir. Peynir bütirometrelerinin kadehine 3 g peynir örneği tartılmış ve 10 mL H₂SO₄ ilave edilerek. 70-75 °C’de su banyosunda peynir pıhtısı kalmayınca kadar tutulmuştur. 1 mL amil alkol eklendikten sonra asitle çizgiye tamamlanmış ve 15 dakika önceden açılarak ısıtılmış Gerber Santrifüjde 1100 devir/dk’da 10 dakika santrifüj edilmişlerdir (Bradley ve ark., 1992).

3.2.6.2.3. Toplam Protein

Peynirlerdeki azot miktarı Kjeldahl Yöntemi esas alınarak belirlenmiştir. Hazırlanan peynir örneğinden yaklaşık 0.5-1.0 g tartılarak sütte olduğu gibi % azot tayini yapılmıştır (Bradley ve ark., 1992).

3.2.6.2.4. Tuz

Örneklerin tuz içeriği, Metin ve Öztürk (2002)’ün vermiş olduğu yöntemle tespit edilmiştir. Yaklaşık 5 g peynir tartılmış, sıcaklığı 40-50 °C olan damıtık su yardımıyla 150 mL’lik beherde iyice ezilmiş ve yalnız sulu kısım 250 mL’lik ölçülü balona aktarılmıştır. Aynı işlem tuzun tamamının suya geçmesini sağlamak amacıyla 5-6 kez tekrarlanmıştır. Balon soğutulduktan sonra işaret çizgisine 20 °C’deki damıtık su ile tamamlanmış ve adi filtre kağıdı ile süzölmüştür. Süzüntüden 25 mL alınmış ve 0.1 N NaOH ile nötrale edilmiştir. Daha sonra 0.5 mL % 5’lik potasyum kromat (K₂CrO₄) indikatörü ilave edilmiş. 0.1 N gümüş nitrat (AgNO₃) çözeltisi ile kalıcı kiremit kırmızısı renk oluşana kadar titre edilmiş ve sonuç şu şekilde hesaplanmıştır (Metin ve Öztürk, 2002).

$$\text{Tuz içeriği (\%)} = \frac{(V_1 - V_2) \times F \times 0.585}{m}$$

- V_1 : Peynir örneğinin titrasyonu için harcanan gümüş nitrat miktarı (mL)
 V_2 : Tanık deneme için harcanan gümüş nitrat miktarı (mL)
 F : Gümüş nitrat çözeltisinin faktörü
 m : Titre edilen peynir miktarı (g)

3.2.6.2.5. Kül

Kül miktarı Bradley ve ark. (1992)'nın verdiği gravimetrik yöntemle belirlenmiştir. 105 °C'de 2 saat kurutulduktan sonra desikatörde 30 dakika bekletilip soğutulan ve darası alınan krozelere yaklaşık 3-5 g örnek tartılmıştır. Kül fırınında kademeli olarak 525 °C'ye çıkarılmıştır. Bu sıcaklıkta beyaz renkli kül elde edinceye kadar yakılmıştır. Daha sonra krozeler desikatörde soğutulup, tartılmıştır. Ağırlık farklarından % kül miktarı hesaplanmıştır.

$$\text{Kül (\%)} = \frac{\text{Son tartım (g)} - \text{Kroze darası (g)}}{\text{Örnek miktarı (g)}} \times 100$$

3.2.6.2.6. Kalsiyum

Örneklerdeki kalsiyum konsantrasyonu AOAC Official Method 991.25 (2000)'e göre atomik absorpsiyon spektrofotometresinde 422.7 nm dalga boyunda asetilen gazı alevi kullanılarak ölçülmüştür. Örneklerin hazırlanmasında kül haline getirme prensibi uygulanmıştır. 1 g peynir örneği kül fırınında kademeli olarak 525 °C'ye getirildikten sonra 16 saat sıcaklık 525 °C'yi geçmeyecek şekilde yakılmıştır. Elde edilen kül içeriği 1mL derişik HNO₃ ile çözündürülüp 250 mL'ye deiyonize su ile sulandırıldıktan sonra 10 mL alınıp, 10 mL % 1'lik lantanyum stok çözeltisi eklenmiş ve 100 mL'ye tamamlanmıştır. Atomik absorpsiyon spektrofotometresiyle (Monica Unicam 929), kalsiyum lambası kullanılarak (Phroton Hollow Cathode Lamp P809) 422.7 nm'de öncelikle standart Ca çözeltilerinin (0, 1, 2, 3, 4, 5 ve 6 ppm) absorbanları okunmuş ve kalibrasyon grafiği oluşturulmuştur. Daha sonra hazırlanan örnek çözeltilerinin absorbanlarına bakılmıştır. Kalibrasyon grafiğinden yararlanılarak hesaplanan konsantrasyonlar aşağıdaki formüle yerleştirilerek örneklerdeki kalsiyum konsantrasyonu hesaplanmıştır.

$$\text{Ca (mg/100g)} = \text{Konsantrasyon (ppm)} \times \text{Seyreltme Faktörü}$$

3.2.6.2.7. Fosfor

Örneklerdeki fosfor konsantrasyonu AOAC Official Method 991.25 (2000)'e göre 400 nm dalga boyunda, spektrofotometre kullanılarak ölçülmüştür. Örneklerin hazırlanmasında kül haline getirme prensibi uygulanmıştır. 1 g peynir örneği kül fırınında kademeli olarak 525 °C'ye getirildikten sonra 16 saat sıcaklık 525 °C'yi geçmeyecek şekilde yakılmıştır. Elde edilen kül içeriği 1 mL derişik HNO₃ ile çözündürülüp 250 mL'ye deiyonize su ile sulandırılmıştır. Seyreltik fosfor stok çözeltisinden (12 mg P/L) 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 mL alınıp, 10 mL molibdovanad ilavesinden sonra deiyonize suyla 50mL'ye tamamlanarak 0, 1.2, 2.4, 3.6, 4.8, 6.0, 7.2, 8.4 µg/mL P içeren standartlar hazırlanmıştır. Örnek çözeltileri 10 mL örneğe 10 mL molibdovanad ilavesiyle standartlara benzer şekilde hazırlanmış ve sabit bir renk elde edilebilmesi için molibdovanad ilavesinden sonra 20 dakika beklenilmiştir. Spektrofotometrenin absorbanası 0 ppm'lik standartla sifıra ayarlandıktan sonra öncelikle standartlar olmak üzere örneklerin absorbanaları hazırlanış sırası takip edilerek 400 nm dalga boyunda, kuartz küvetler kullanılarak ölçülmüştür. Kalibrasyon grafiği oluşturulduktan sonra, hesaplanan konsantrasyon aşağıdaki formüle yerleştirilerek örneklerdeki fosfor konsantrasyonu hesaplanmıştır.

$$P \text{ (mg/100g)} = \frac{\text{Konsantrasyon(ppm)} \times 125}{\text{Peynir miktarı}}$$

3.2.6.3. Fizikokimyasal ve Duyusal Analizler

3.2.6.3.1. pH

İyi öğütülmüş 10 g peynir örneği 1:1 oranında sulandırıldıktan sonra pH değeri, 0.01 birim duyarlılıktaki pH/İon 510 EuTech marka pH metre ve Sensorex S200C marka elektrot kullanılarak belirlenmiştir (Ghosh ve Singh, 1996).

3.2.6.3.2. Titrasyon Asitliği

Peynirde titrasyon asitliği tayini AOAC Official Method 920.124(1995)'ten modifiye edilerek yapılmıştır. Bir behere 10 g peynir örneği tartılmış, 40 °C'de bir miktar damıtık su ilave edilmiş ve bagetle iyice ezilmiştir ve 100 mL'lik balona aktarılmıştır. Balon 20 °C'ye soğutulup, damıtık su ile çizgisine tamamlanmıştır. Balon içeriği iyi bir şekilde çalkalandıktan sonra bir erlene 25 mL alınıp %1'lik fenol

ftaleinden bir kaç damla ilave edilmiş ve 0.1 N NaOH ile kalıcı hafif pembe renge kadar titre edilmiştir. Titrasyon asitliği şu şekilde hesaplanmıştır:

$$\% \text{ Laktik asit} = \frac{0.1 \text{ N NaOH (mL)} \times \text{NaOH faktörü} \times 0.009}{\text{Örnek miktarı (g)}} \times 100$$

3.2.6.3.3. Ayrılabilir Serum

20 g peynir örneği santrifüj tüplerine doldurularak 12500 x g'de 25 °C'de 75 dakika santrifüjlendikten (Sigma 3K30 santrifüj) sonra ayrılan serum ve yağ fazı bir test tüpüne aktarılmış ve 4 °C'de bekletilerek yağ fazının donması sağlanmıştır. Bir enjektör yardımıyla alınan serum fazı tartılarak örneklerdeki ayrılabilir serum yüzdesi hesaplanmıştır (Guinee ve ark., 2002).

Ayrılmayan serum miktarının hesaplanmasında, peynirlerdeki yüzde nem miktarından ayrılabilir serum miktarı çıkarılmıştır.

3.2.6.3.4. Erime Testi

Mozzarella Peynirlerinde eriyebilirlik ölçümünde Schreiber Testi Modifiye edilerek kullanılmıştır. 10 mm yüksekliğinde 30 mm çapındaki peynir örnekleri kapaklı petri kutularına yerleştirilmiş ve 130 °C sıcaklıkta 10 dakika tutulduktan sonra hemen oda sıcaklığına soğutularak peynirlerin alanı planimetre (Sokkisa Planimeter Model KP-90) ile ölçülmüştür (Kosikowski, 1977). Eriyebilirlik seviyesinin değerlendirilmesinde Wang ve Sun (2002) tarafından kullanılan eşitlikler-den yararlanılmıştır;

$$\text{Erime Derecesi (\%)} (ED) = \frac{\text{Pişirme sonrası peynir alanı (cm}^2\text{)}}{\text{Pişirme öncesi peynir alanı (cm}^2\text{)}} \times 100$$

$$\text{Erime Oranı (EO)} = ED - 100$$

3.2.6.3.5. Renk Ölçümü

Olgunlaşma süresince mozzarella peynirlerinin renk analizi, Konica Minolta Sensing chroma meter (CR-400) kullanılarak Hunter *L*, *a*, *b* renk sistemi cinsinden belirlenmiştir. Ölçümler; mozzarella Peynirlerinin kesitinden direk ölçüm, pişirme öncesi ve pişirme sonrası olmak üzere üç kez alınmıştır.

Mozzarella peynirlerinin kesitinden direk alınan ölçümler kesit üzerinde 8-10 ayrı bölgede gerçekleştirilmiş ve bunların ortalaması alınmıştır.

Piştirme testinde, 27 mm çap, 250 mm uzunluktaki cam tüplere 15 g öğütülmüş peynir örneği alındıktan sonra tüpün dış kısmından 10 ayrı bölgede ölçüm yapılmıştır. Daha sonra tüpler kaynayan su banyosunda 1 saat tutulmuşlardır ve yine tüpün dış kısmında 10 ayrı bölgeden alınan piştirme rengi ölçümlerinin ortalaması alınmıştır (Oberg ve ark, 1991).

3.2.6.3.6. Duyusal Analiz

Deneme peynirlerinin duysal değerlendirmesi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü öğretim elemanlarından oluşan 10-12 kişilik panelist grup tarafından gerçekleştirilmiştir. Duyusal analizlerde Coppola ve ark. (1990)'den modifiye edilerek hazırlanan Tablo 3.4' ve 3.5'de verilen puan kartı kullanılmıştır. Aroma 10, yapı 5, görünüş ise 3 puan üzerinden değerlendirilmiş ve 10 puan üzerinden genel kabul edilebilirlik puanı verilmiştir.

3.2.7. İstatistiksel Analizler

Mozzarella peynirlerinin analiz sonuçları SPSS (2000) paket programı kullanılarak belirlenmiştir. Ortalamalar arasındaki farklılıkların tespitinde ise Duncan çoklu karşılaştırma metodu kullanılmıştır.

Tablo 3.2. Mozzarella peynirinin duyuşal değerlendirilmesinde kullanılan form

MOZZARELLA PEYNİRİ DUYUSAL ANALİZ FORMU		Tarih :	
		Panelist:	

GÖRÜNÜŞ	ÖRNEK NO			
	656	512	412	425
GÖRÜNÜŞ PUANI mükemmel (mak.): 3				
KUSURLAR				
Deforme olmuş				
Doğal olmayan renk				
Mat Yüzey				
Pürüzlü Yüzey				
Dokunulduğunda kabuğun ince tabaka halinde				
Dokunulduğunda kabuğun kalın tabaka halinde				
Diğer				

YAPI	ÖRNEK NO			
	112	215	213	464
YAPI PUANI mükemmel (mak.): 5				
KUSURLAR				
Kaba				
Gaz oluşumu				
Esneklik eksikliği				
Macunumsu				
Yapışkan				
Kuru				
Sert				
Diğer				

AROMA	ÖRNEK NO			
	145	257	315	415
AROMA PUANI mükemmel(mak.) :10				
KUSURLAR				
Yavan tat				
Ekşi tat				
Acı tat				
Yabancı tat				
Meyvemsî				
Küfümsü				
Mayamsı				
Tuzlu				
Yağlımsı				
Diğer				

GENEL KABUL EDİLEBİLİR PUAN (MAX. 10)				
--	--	--	--	--

Tablo 3.3. Değerlendirmede Kullanılan Kriterler**GÖRÜNÜŞ: maksimum puan 3**

(İdeal: Çok ince, pürüzsüz, parlak dış kabuk, parlak beyaz renk)

KUSURLAR	Hata Derecesine Göre Puanlar		
	Hafif	Belirgin	Baskın
Deforme olmuş	3	2	1
Doğal olmayan renk	2	1	0
Mat Yüzey	2	1	0
Pürüzlü Yüzey	2	1	0
Dokunulduğunda kabuğun ince tabaka halinde soyulması	2	1	0
Dokunulduğunda kabuğun kalın tabaka halinde soyulması	1	0	0

YAPI: maksimum puan 5

(İdeal: Esnek yapı, ince tabakalar halinde lifli, yumuşak, pürüzsüz tekstür)

KUSURLAR	Hata Derecesine Göre Puanlar		
	Hafif	Belirgin	Baskın
Kaba	4	3	2
Gaz oluşumu	3	2	1
Esneklik eksikliği	3	2	1
Macunumsu	3	2	1
Yapışkan	5	4	3
Kuru	4	3	2
Sert	3	2	1

AROMA: maksimum puan 10

(İdeal: Tatlı ve cevizimsi, taze ve aromatik, hafif asidik)

KUSURLAR	Hata Derecesine Göre Puanlar		
	Hafif	Belirgin	Baskın
Yavan tat	9	7	5
Yüksek asit	8	6	3
Acı tat	5	3	0
Yabancı tat	7	4	1
Meyvemsî	8	6	4
Küfümsü	7	5	3
Mayamsı	6	4	0
Tuzlu	9	8	7
Yağlımsı	9	8	7

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Manda Sütünün Standardizasyonu

Çiğ manda sütü (pH 6.66, % 6.6 yağ ve % 16.50 kuru madde) seperatörden geçirilerek yağ ve kuru madde yönünden standardize edilmiştir. Mozzarella peynirleri üretiminde kullanılan standardize pastörize manda sütünün bileşimi Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1. Mozzarella peynirlerinin yapımında kullanılan standardize edilmiş pastörize manda sütü bileşimi

	pH	Titrasyon Asitliği (%Laktik asit)	Kuru madde (%)	Kül (%)	Yağ (%)	Protein (%)	Ca mg/100g	P mg/100g
Pastörize Süt	6.57	0.185	14.74	0.7 8	4.8	4.27	193.4	116.6

Genel olarak manda sütlerinin kuru madde oranı 16.8-20.8 arasında değişmektedir (Kay, 1974). Bu orana mevsim, hayvanın ırkı, yaşı, sağlık durumu, laktasyon dönemi, bakım ve besleme koşulları etki eder (Metin, 2003).

Bu araştırmada kullanılan manda sütünün kuru madde değerinin literatürden biraz düşük olmasının nedeni, hayvanların laktasyon döneminin başında olması gösterilebilir. İnek sütünden yapılan Mozzarella peynirlerinde sütün yağ oranı, yarım yağlılarda % 1-2 arasına (Kosikowski, 1982), tam yağlılarda ise % 3 ve üzerine (Kosikowski, 1982; Üçüncü, 2004) standardize edilmektedir. Manda sütünden yapılan çalışmalarda ise yağ oranı % 4.0-4.8 arasında değişmektedir (Ghosh ve Singh, 1992; Ghosh ve Singh, 1996; Jana ve Upadhyay, 1997). Bu çalışmada yağ oranı % 4.8’e ayarlanmıştır. Manda sütünün kalsiyum miktarı 179-241, fosfor miktarı 110-139 mg/100 g arasında değişmektedir (Kay, 1974). Bu araştırmada standardize sütteki kalsiyum ve fosfor oranları bu değerlerle uyumludur.

4.2. Peynir Altı Sularının Analiz Sonuçları

Mozzarella peynirlerinin üretiminde peynir altı suları toplanarak iyice karıştırıldıktan sonra örnek alınıp bileşim yönünden analiz edilmiştir. Bunlara ait veriler Tablo 4.2’de verilmiştir

Tablo 4.2. Mozzarella peynirlerine ait peynir altı sularının kimyasal kompozisyonu

	Peynir altı suları			
	A Peyniri	B Peyniri	C Peyniri	D Peyniri
pH	6.20±0.005a	5.86±0.010b	5.51±0.011c	5.05±0.005d
% Laktik asit	0.173±0.003c	0.226±0.001bc	0.348±0.088ab	0.500±0.109a
Kuru madde (%)	6.75±0.067a	6.20±0.653a	6.45±0.056a	6.73±0.042a
Yağ (%)	0.20±0.000a	0.20±0.000a	0.15±0.000a	0.20±0.000a
Toplam protein (%)	0.86±0.025a	0.79±0.058a	0.77±0.051a	0.82±0.025a
Kül (%)	0.42±0.005c	0.45±0.024bc	0.47±0.008b	0.55±0.0210a
Kalsiyum (mg/100g)	41.64±0.530d	62.78±4.661c	75.23±0.897b	105.75±0.72a
Fosfor (mg/100g)	42.26±0.390d	46.44±3.249c	50.54±0.196b	62.53±0.502a

*Aynı satır içinde aynı harfle işaretli ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($P>0.05$).

Peynir altı suyu örneklerinin pH değerleri istatistiksel olarak önemli düzeyde farklı bulunmuştur ($P<0.05$). Titrasyon asitlikleri arasında da istatistiksel olarak önemli düzeyde fark bulunmuş ve % 0.173 ile en düşük asitlik A peynirlerinde, % 0.500 ile en yüksek asitlik D peynirlerinde belirlenmiştir ($P<0.05$). Asitlik ve pH değerleri, peynirlerin üretim yönteminde uygulanan farklı pH normlarına (Bölüm 4.2, Tablo 4.2) uygun seyretmiştir.

Peynir altı sularının kuru madde miktarları % 6.25-6.75 arasında değişmiş, aralarında istatistiksel olarak önemli düzeyde bir fark bulunmamakla birlikte en yüksek kuru madde A, en düşük kuru madde B peynirlerinde gözlenmiştir ($P>0.05$). Bu değerler daha önce inek sütü ile yapılan çalışmalarda elde edilen peynir altı suyu kuru madde değerlerine benzerlik göstermektedir (Hong ve ark., 1998; Rudan ve ark., 1999; Metzger ve ark., 2000; Mead ve Roupas., 2001).

Serum ayırma pH'sının farklı olması seruma geçen yağ oranları üzerine önemli derecede etki etmemiştir ($P>0.05$).

Toplam protein miktarları arasında istatistiksel olarak önemli düzeyde bir fark bulunmamış ($P>0.05$), en yüksek protein miktarı A, en düşük protein miktarı C peynirlerinde tespit edilmiştir. Peynir altı suyu örneklerinde saptanan protein miktarları

daha önce inek sütü ile yapılan çalışmalara benzerlik göstermektedir (Hong ve ark., 1998; Rudan ve ark., 1999; Metzger ve ark., 2000; Mead ve Roupas, 2001).

Peynir altı sularındaki kül miktarları A'dan D peynirine doğru artan oranda değişmiştir. A, C ve D peynir altı suları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuş ($P<0.05$), B peynirlerine ait peynir altı suları ise A ve C'ye benzerlik göstermiştir. Bu değerler serum ayırma aşamasında peynir altı suyuna geçen mineral miktarları (örneğin kalsiyum) ile doğru orantılıdır.

Kalsiyum konsantrasyonları da kül miktarlarına paralel olarak 41.64'den 105.75 mg/100 g'a, A peynirinden D peynirine doğru artış göstermiş ve tüm peynir altı suları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli düzeyde bulunmuştur ($P<0.05$). Metzger ve ark. (2000), ön asitlendirmenin inek sütünden yapılan mozzarella peynirlerinin kompozisyon ve verimi üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada peynir altı suyu kalsiyum konsantrasyonlarını 46-80 mg/100 g arasında bulmuştur.

Fosfor miktarları 42.26'dan 62.53 mg/100g'a, A peynirinden D peynirine doğru artış göstermiş ve tüm peynir altı suları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli düzeyde bulunmuştur ($P<0.05$).

4.3. Haşlama Sularının Analiz Sonuçları

Tablo 4.3. Mozzarella peynirlerine ait haşlama sularının kimyasal kompozisyonu

	Haşlama suları			
	A Peyniri	B Peyniri	C Peyniri	D Peyniri
pH	6.08±0.020a	5.78±0.020d	5.88±0.005c	5.96±0.005b
% Laktik asit	0.059±0.003a	0.067±0.025a	0.078±0.002a	0.071±0.002a
Kuru madde (%)	2.43±0.137b	3.02±0.066a	3.07±0.045a	3.12±0.056a
Yağ (%)	0.80±0.200b	1.07±0.057a	0.83±0.115b	1.10±0.000a
Toplam protein (%)	0.08±0.006b	0.15±0.021a	0.16±0.001a	0.16±0.007a
Kül (%)	1.27±0.050a	1.20±0.139a	0.95±0.071b	1.04±0.070b
Tuz (%)	0.95±0.007a	0.89±0.018b	0.89±0.024b	0.86±0.006c
Kalsiyum (mg/100g)	21.49±2.106b	27.55±2.522a	26.35±0.467a	24.43±2.700ab
Fosfor (mg/100g)	10.64±0.727a	13.47±2.652a	12.81±0.330a	13.43±0.747a

*Aynı satır içinde aynı harfle işaretli ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($P>0.05$).

Serumu ayrılan peynir pıhtıları % 2.5 oranında (pıhtı ağırlığı olarak) tuz ile kuru tuzlamadan sonra 80 °C'deki su içerisinde haşlanarak-yoğrulmuş ve bu haşlama suyundan örnekler alınarak bileşim analizleri yapılmıştır. Peynir örneklerine ait haşlama sularının genel bileşimi Tablo 4.3'de gösterilmiştir.

Örneklerin pH değerleri arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuş ($P < 0.05$), en yüksek pH 6.08 ile A, en düşük pH 5.78 ile B peynirlerine ait haşlama sularında gözlenmiştir. Bu değerler arasında yalnızca 0.3 birimlik bir fark bulunmaktadır. Haşlama öncesinde tüm peynirlerin pH değeri 5.2'ye standardize edildiği için bu sonuçlar normal kabul edilebilir.

Titrasyon asitliği değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmamakla birlikte en yüksek asitlik % 0.078 ile C, en düşük asitlik % 0.059 ile A haşlama sularında tespit edilmiştir ($P > 0.05$).

Peynir altı suyu ayırma pH'larının haşlama suyuna geçen kuru madde miktarı üzerine istatistiksel olarak önemli düzeyde etkisi olmuştur ($P < 0.05$). Haşlama sularının kuru madde miktarları % 2.43-3.12 arasında değişmiş, A peynirlerine ait haşlama suları en düşük kuru madde miktarıyla diğerlerinden istatistiksel olarak önemli düzeyde farklı bulunmuştur ($P < 0.05$). Bu miktarlar Hong ve ark. (1998)'nin *Lactobacillus* kültürlerinin inek sütünden yapılan mozzarella peynirlerinin verimi üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada elde ettikleri değerlerin (6.26, 6.52, 6.48) altındadır. Haşlama suyuna geçen kuru madde miktarları en fazla D peynirlerinde, en az A peynirlerinde olmuştur. Bu sonuç, en düşük peynir veriminin D, en yüksek A peynirlerine ait olması gerektiğini düşündürmesine rağmen, peynirlere ait nem miktarlarının A peynirinden D peynirine doğru artış göstermesi nedeniyle en yüksek verim % 16.58 ile D, en düşük verim % 14.19 ile A peynirlerinde elde edilmiştir (Tablo 4.5).

Yağ miktarları arasında A ve C peynirlerine ait haşlama suları ile B ve D arasında istatistiksel olarak önemli düzeyde farklılık bulunmuş ($P < 0.05$), en yüksek yağ miktarı % 1,10 ile D, en düşük yağ miktarı % 0,80 ile A haşlama sularında görülmüştür. Bu değerler mozzarella peynirlerinin yapımında inek sütü kullanmış olan Hong ve ark. (1998)'nin bulduğu sonuçlara benzer, Metzger ve ark. (2000) ile Rudan ve ark. (1999)'nin tespit ettiği değerlerden yüksek bulunmuştur.

Toplam protein miktarları daha önceki (inek sütünün kullanıldığı) çalışmalarla (Metzger ve ark., 2000; Hong ve ark., 1998; Rudan ve ark., 1999) uyumlu olarak % 0.08-0.16 arasında değişmiş, A peynirlerine ait haşlama suları en düşük protein miktarıyla diğerlerinden istatistiksel olarak önemli düzeyde farklı bulunmuştur ($P<0.05$). A peynirlerine ait protein miktarının (% 24.82) diğerlerinden yüksek olması haşlama suyuna geçen protein miktarının düşük olmasına bağlanabilir (Tablo 4.6).

Haşlama sularına geçen tuz miktarları arasında istatistiksel olarak önemli düzeyde fark bulunmuş, en yüksek tuz miktarı A, en düşük tuz miktarı D peynirlerine ait haşlama sularında tespit edilmiştir ($P<0.05$).

Haşlama sularındaki kül miktarları A'dan D peynirine doğru azalan sırada % 1.27-1.04 arasında değişmiştir. A ve B haşlama suları ile C ve D arasında istatistiksel olarak önemli düzeyde fark bulunmuştur.

Kalsiyum miktarları en düşük 21.49 mg/100g ile A, en yüksek 27.55 mg/100 g ile B peynirlerine ait haşlama sularında tespit edilmiştir. Bu değerler peynir altı suyuna geçen kalsiyum oranlarının tersine peynirler arasında benzer oranda bir geçişin olduğunu göstermektedir. Bu değerler Metzger ve ark (2000)'nın inek sütünden yaptıkları mozzarella peynirlerinin haşlama sularında tespit ettiği kalsiyum konsantrasyonlarına yakındır.

Fosfor miktarları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmamakla birlikte en yüksek fosfor konsantrasyonu 13.47 mg/100 g ile B, en düşük fosfor 10.64 ile A haşlama sularında tespit edilmiştir.

4.4. Mozzarella Peynirlerine Ait Analiz Sonuçları

4.4.1. Mozzarella Peyniri Üretim Prosesinin Detayları ve Randımanlar

Peynirlerin üretiminde kültür ilavesi, rennet ilavesi, serum ayrılması ve pıhtı öğütme aşamalarındaki pH değerleri, sıcaklıklar ve üretim süreleri Tablo 4.4'de verilmiştir. Starter inokülasyonundan yoğurma aşamasının sonuna kadar olan üretim sürelerine bakıldığında en uzun üretim süresi 322 dakika ile A (kontrol) peynirlerine ait bulunmuştur. B ve D peynirleri aynı sürede üretilirken, en kısa sürede C peynirleri elde edilmiştir.

Guinee ve ark. (2002), pH ve Ca konsantrasyonunun mozzarella peynirinin tekstürel ve fonksiyonel özellikleri üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada, direk

asitlendirme ile pH 5.6'ya ön asitlendirilen peynir sütünün (DA1), starter kültür ilavesinden sonra pH 6.56 değerinde mayalanan süttten (kontrol peyniri) daha hızlı koagüle olduğunu ve 8.7 dakikada pıhtı kesim olgunluğuna ulaştığını, bu sürenin kontrol ve diğer peynirlerde 39-44 dakikaya çıktığını gözlemlemişlerdir. Benzer durum rennet ilavesinin pH 6.0 değerinin altında yapıldığı diğer çalışmalarda da görülmüştür. Bu hızlı pıhtı oluşumu, rennet ilavesi sırasında pH'nın düşürülmesinin, kazein misellerinin net yükünü düşürerek iyonik kalsiyum miktarını, dolayısıyla da rennet aktivitesini artırmasından kaynaklanmaktadır (Guinee ve ark., 2002).

Tablo 4.4. Mozzarella peynirlerinin üretim aşamalarının detayları

	Mozzarella peynirleri			
	A	B	C	D
<i>Üretim aşamaları pH değerleri</i>				
Kültür İlavesi	6.57	6.57	6.56	6.56
Mayalama (rennet ilavesi)	6.40	6.14	5.88	5.60
Peyniraltı suyunun ayrılması	6.20	5.87	5.60	5.30
Pıhtının Kıyılması	5.20	5.20	5.20	5.20
<i>Üretim Detayları</i>				
Süt protein:yağ oranı	0.9	0.9	0.9	0.9
İnokülasyon sıcaklığı (°C)	37	37	37	37
Mayalama sıcaklığı (°C)	32	32	32	32
Haşlama suyu sıcaklığı (°C)	80-85	80-85	80-85	80-85
Haşlama sonu peynir sıcaklığı (°C)	58-60	58-60	58-60	58-60
<i>Süreler (dakika)</i>				
Kültür ilavesi → Mayalama	127	146	176	196
Mayalama → Pıhtı Kesimi	43	30	15	19
Pıhtı Kesimi → PAS ayırma	6	5	4	13
Serum ayırma → Kuru Tuzlama	136	82	52	35
Haşlama-Yoğurma	10	10	10	10
Toplam peynir yapım süresi	322	273	257	273

Her bir peynir grubu için toplam 105 kg olmak üzere toplam yaklaşık 420 kg manda sütü kullanılmıştır. Peynirlerin üretiminde her bir tekerrür için kullanılan süt miktarları ve verimlere ait ortalama değerler Tablo 4.5'de verilmiştir.

Peynir verimi, belli miktarda süttten elde edilen peynir miktarının matematiksel olarak ifade edilmesidir ve genel olarak 100 kg süttten elde edilen kg peynir miktarı olarak verilir. Peynir verimi süt kompozisyonuna, özellikle de yağ ve kazein oranlarına

bağlı olarak değişmektedir. Sütün depolanması, standardizasyonu, konsantrasyonu, kullanılan starter tipi, ısı uygulama ve homojenizasyon gibi üretim koşulları da verimi etkilemektedir. Süte katılan katkı maddeleri, koagülant tipi, pıhtı sertliği, pıhtı işleme sistemleri ve olgunlaştırma süresince nem kaybı da ayrıca verimi etkileyen faktörlerdir. Kimyasal asitlendirme ile yapılan mozzarella peynirlerinde starter kültürle yapılanlardan daha fazla yağ ve kuru madde kaybı oluşmaktadır (Hong ve ark., 1998). Metzger ve ark. (2000), ön asitlendirmenin az yağlı mozzarella peynirinin kompozisyon ve verimi üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada, pH 6.0 ve 5.8'e sitrik asitle ön asitlendirmenin verimi % 2.5 ve 5.5 düşürdüğünü, pH 6.0 ve 5.8'e asetik asitle asitlendirmenin ise verimi % 2.7 ve 3.7 azalttığını tespit etmişlerdir. Ön asitlendirme ile verimde meydana gelen düşüşü asit ilavesinin kazeinin çözünürlüğünü artırarak serum ayırma aşamasında kaybına bağlamışlardır.

Tablo 4.5. Üretimde kullanılan süt miktarları ve peynir verimleri

Peynirler	Kullanılan süt miktarı (kg)	Elde edilen pıhtı miktarları (kg)	Üretilen peynir miktarı (kg)	% Peynir verimi
A	35	7.5	4.73	13.51
B	35	10.0	4.95	14.13
C	35	11.9	5.18	14.79
D	35	10.7	5.53	15.79

Tablo 4.5'te en yüksek verimin % 15.79 ile D peynirlerine, en düşük verimin ise % 13.51 ile A peynirlerine ait olduğu görülmektedir. Bu tablodan, serum ayırma pH'sının peynir verimi üzerine etkili olduğu ve düşük mayalama ve serum ayırma pH'larında üretilen peynirlerin daha yüksek randımına sahip olduğu görülmektedir.

Peynirlerin üretiminde peynir altı suyuna geçen toplam kuru madde, protein ve yağ miktarları arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamış (Tablo 4.2), haşlama suyuna kuru madde kayıplarına bakıldığında (Tablo 4.3) A peynirlerinin haşlama suyunda diğerlerinden daha düşük oranlarda kuru madde ve protein bulunmuştur, yani A peynirlerinden haşlama suyuna daha düşük oranlarda protein ve kuru madde kaybı gerçekleşmiştir. Bu peynirlerde protein kaybının daha düşük olması serum ayırma pH değerinin yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Serum ayırma aşamasında yüksek asitlik, Ca:kazein oranını düşürmekte ve böylece kazeinin çözünürlüğü artarak peynir altı suyuna geçmektedir (Metzger ve ark., 2000; Joshi ve

ark., 2002; Guinee ve ark., 2002; Sheehan ve Guinee, 2003). B ve D peynirlerinden haşlama suyuna yağ kaybı % 0.27 birimlik farkla A ve C peynirlerinden istatistiksel olarak yüksek bulunmuştur.

Peynirlere ait genel bileşim tablosuna bakıldığında (Tablo 4.6) en yüksek kuru madde, protein ve yağ konsantrasyonunun A, en düşük ise D peynirlerine ait olduğu görülmektedir. Nem oranı ile orantılı olarak D peynirlerinin verimi en fazla iken en düşük verim A peynirlerine ait bulunmuştur. Yapılan çalışmalar (Sheehan ve Guinee, 2003; Guinee ve ark., 2002; Yun ve ark., 1995; McMahan ve ark., 2005) mozzarella peynirlerinde mayalama ve serum ayırma pH değerleri düşürüldüğünde pıhtıda kalan mineral durumuna bağlı olarak nem miktarının arttığını göstermiştir.

4.4.2. Genel Bileşim Sonuçları

Mozzarella peynirlerinin genel bileşimine ait ortalama değerler Tablo 4.6’te verilmiştir.

Tablo 4.6. Mozzarella peynirlerine ait kimyasal kompozisyon

	Peynirler			
	A	B	C	D
Kuru Madde (%)	54.64±0.390 a	49.33±0.834 b	48.86±1.040 b	48.38±0.860 b
Yağ (%)	25.13±0.851 a	20.67±0.763 b	21.43±1.401 b	20.17±1.041 b
Kurumaddede yağ (%)	45.99±1.718 a	41.91±1.957 a	43.85±2.477 a	41.71±2.757 a
Toplam protein (%)	24.82±0.305 a	24.41±0.270 a	22.95±0.459 b	22.17±0.391 c
Tuz (%)	0.31±0.096 b	0.38±0.026 b	0.40±0.000 ab	0.49±0.028 a
Kül (%)	2.70±0.056 a	2.27±0.025 b	2.10±0.026 c	1.93±0.020 d
Kalsiyum (mg/100g)	886.5±37.55 a	763.8±31.56 b	706.6±65.80 b	587.7±4.16 c
Ca mg/g protein	35.71±1.290 a	31.28±0.968 b	30.76±2.277 b	26.52±0.640 c
Fosfor (mg/100g)	452.5±7.509a	357.8±7.210b	347.1±14.29b	325.3±8.454c

*Aynı satır içinde aynı harfle işaretli ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur (P>0.05).

4.4.2.1. Kuru Madde

Mozzarella peynirlerinin kuru madde değerlerinde A peynirinden D peynirine doğru bir azalış görülmüştür (Tablo 4.6). Ancak sadece A grubu peynirler en yüksek kuru madde yüzdesiyle diğerlerinden istatistiksel olarak önemli düzeyde farklı bulunmuştur (P<0.05). Bu sonuçlar Birleşmiş Milletlere ait Düşük Nemli Mozzarella

Peynirlerinin taşınması gereken standartlara ve daha önce yapılan benzer çalışmaların (inek sütünün kullanıldığı) sonuçlarına uygunluk göstermektedir. Yapılan çalışmalar (Sheehan ve Guinee, 2003; Guinee ve ark., 2002; Yun ve ark., 1995; McMahon ve ark., 2005) Mozzarella peynirlerinde mayalama ve serum ayırma pH değerleri düşürüldüğünde pıhtıda kalan mineral durumuna bağlı olarak nem miktarının arttığını göstermiştir. Guinee ve ark. (2002), mozzarella peynirlerinde (inek sütünden) starter kültür ve asitlendirme ile farklı mayalama, serum ayırma ve pıhtı öğütme pH değerlerini denedikleri çalışma sonucunda düşük kalsiyum konsantrasyonuna sahip peynirlerde nem oranının daha yüksek olduğunu, bunun düşük Ca : kazein oranına bağlı olarak yüksek seviyede kazein hidrasyonu sonucu meydana geldiğini ve benzer kalsiyum konsantrasyonuna sahip peynirlerin nem oranının benzer olduğunu bildirmiştir. Metzger ve ark. (2000, 2001a, 2001b) ise farklı Ca konsantrasyonlarının inek sütü mozzarella peynirleri üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada Ca miktarının 17.5-30.2 mg/g protein arasında değişiminin peynirlerde nem oranını önemli düzeyde etkilemediğini bildirmiştir. Guinee ve ark. (2002), bu durumun 1. gün pH değerlerinin yakın bulunması ve düşük pıhtı öğütme pH'sının kalsiyumun para kazein hidrasyonu üzerine etkisini baskılama ihtimalinden kaynaklanabileceği öne sürmüştür. Bu araştırmaların sonucuna dayanarak A grubu peynirlerin daha yüksek kuru maddeye sahip olmasını 1. gün pH değerinin diğerlerinden önemli derecede yüksek bulunmasına bağlayabiliriz (Tablo 4.7).

4.4.2.2. Yağ

Peynirler arasında yağ miktarı bakımından da A grubu peynirler en yüksek değerle diğerlerinden istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($P < 0.05$) (Tablo 4.6). Bu değerler, Jana ve Upadhyay (1997)'in % 4.0 ve % 4.8 yağ oranına sahip manda sütlerinden yaptıkları peynirlerdeki % 26.1 ve % 24.58 yağ oranlarına çok yakındır.

4.4.2.3. Kuru Maddede Yağ

Kuru maddede yağ oranları % 41.71-45.99 arasında değişmiş (Tablo 4.6), aralarında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamakla birlikte en yüksek değer A, en düşük değer D peynirlerinde görülmüştür ($P > 0.05$). Farkın istatistiksel olarak önemli bulunmaması peynirlerin yağ oranları arasındaki farkın kuru madde içeriklerindeki farklılığa bağlı olabileceğini göstermektedir.

4.4.2.4. Protein

Peynirlerde % 22.17-24.82 arasında değişen toplam protein miktarları A peynirinden D peynirine doğru azalış göstermiş, en yüksek protein miktarı A, en düşük miktar D peynirlerinde görülmüştür (Tablo 4.6). Protein miktarlarındaki bu değişim çeşitli araştırmacıların inek sütünden yaptıkları mozzarella peynirlerinde (Guinee ve ark., 2002; Joshi ve ark., 2002; Sheehan ve Guinee, 2003) bulduğu sonuçlarla uyum göstermektedir ve peynirlerdeki azalan protein miktarı, Ca:kazein oranındaki azalma ile doğru orantılıdır.

4.4.2.5. Tuz

Peynirlerin tuz konsantrasyonları % 0.31'den 0.49'a A peynirinden D peynirine doğru artış göstermiş (Tablo 4.6), D peynirleri ile A ve B peynirleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli düzeyde bulunmuştur ($P < 0.05$). Üretimde tüm peynirlerde aynı oranda tuz kullanılmasına rağmen peynirlerin tuz konsantrasyonlarında görülen bu farklılığı haşlama suyuna geçen tuz miktarları açıklamaktadır (Tablo 4.3). Diğerlerinden daha düşük tuz konsantrasyonuna sahip A peynirlerinde haşlama suyuna tuz geçişi daha fazla olmuş, serum ayırma pH'larındaki artışla birlikte pıhtıdan haşlama suyuna tuz geçiş oranı düşmüştür. Daha önce yapılan çalışmalarda farklı kalsiyum seviyelerinin tuz miktarları üzerine önemli etkisi olmamıştır (Yun ve ark., 1995; Metzger ve ark., 2001; Joshi ve ark., 2002; Guinee ve ark., 2002; Sheehan ve ark., 2003; Joshi ve ark., 2003; Joshi ve ark., 2004)

4.4.2.6. Kül

Kül miktarları % 2.70'den % 1.93'e A peynirinden D peynirine doğru azalış göstermiş (Tablo 4.6) ve tüm peynirler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli düzeyde bulunmuştur ($P > 0.05$). Bu değerler daha önce yapılan benzer çalışmalarla (inek sütünün kullanıldığı) uyum göstermektedir (Yun ve ark., 1995; Metzger ve ark., 2001a, 2001b; Guinee ve ark., 2002; Joshi ve ark., 2002; Sheehan ve ark., 2003; Joshi ve ark., 2003; Joshi ve ark., 2004). Peynirlerde mayalama ve serum ayırma pH'larının düşürülmesine paralel olarak kül miktarları da azalma göstermiştir. pH değerinin 5.2'ye düşmesi kazein misellerinin zeta potansiyelini negatif değerlerden sıfır dolaylarına çıkarmakta ve kolloidal kalsiyum fosfatın büyük bir kısmının çözünmesine neden olmaktadır. Kolloidal kalsiyum fosfatın çözünür hale geçerek peynir altı suyu ile

uzaklaşması sonucu peynirde kalan toplam mineral madde miktarı da azalmaktadır (Yun ve ark., 1995; Rowney ve ark., 1999; Joshi ve ark., 2002, 2004; Guinee ve ark., 2002; Sheehan ve Guinee, 2003).

4.4.2.7. Kalsiyum

Kalsiyum, mozzarella peynirlerinin gerek üretimi sırasında gerekse üretim sonrası fonksiyonel özelliklerinin gelişiminde önemli rol oynamaktadır. Mozzarella peyniri üretiminde haşlama aşamasında pıhtının sıcak suda plastiziye olabilme yeteneği kalsiyum fosfat miktarına bağlıdır ve pıhtının optimum yoğrulma özelliklerini kazanabilmesi için kazein ve kalsiyum fosfat miktarı arasında bir denge olmalıdır. Yüksek miktarda kalsiyum fosfat içeren pıhtı sıcak suda istenildiği gibi plastiziye olmamakta ve yırtılmaktadır. Düşük kalsiyum fosfat/kazein oranına sahip pıhtı ise çok yumuşamakta ve yağ kayıpları meydana gelmektedir. Sütteki kalsiyumun büyük çoğunluğu koloidal kalsiyum fosfat fazındadır ve koloidal kalsiyum fosfat kazein misellerindeki alt miselleri bağlayan bir köprü görevi görmektedir. Koloidal kalsiyum fosfatın terminallerine kalsiyum ve fosfat bağlanmıştır. Fosfatın diğer terminali kazeindeki serin amino asidine bağlıdır. Peynir yapımı sırasında pH'nın düşürülmesiyle kalsiyum çözünürlük kazanmakta ve koloidal kalsiyum fosfat, kazein miselinden, kalsiyum ve fosfatı kazeinin terminallerinde bırakarak ayrılmaktadır. Pıhtıdaki mineral miktarını belirleyen temel faktörler koagülasyon ve serum ayırma öncesinde asit gelişimidir. pH değişikliklerine oldukça duyarlı olan koloidal kalsiyum fosfat, pH'nın düşmesi ile pıhtının sıvı fazında çözünmekte ve peynir altı suyuna geçmektedir. Geleneksel mozzarella peyniri üretiminde toplam kalsiyum ve fosforun % 90'ından fazlası serumla ayrılmaktadır. Serum ayırma aşamasından sonra da kalsiyum ve fosfor miktarındaki kayıplar devam etmektedir ancak burada ayrılan su miktarı küçük olduğundan bu kayıplar önemsiz düzeyde kalmaktadır. Başka bir deyişle mozzarella pıhtısında haşlama-yoğurma aşamasında bulunan kalsiyum fosfat miktarını, serum ayırma öncesi asitlik derecesi belirlemektedir. Serum ayırma pH'sı 6.5 iken kalsiyumun % 25'i ayrılırken, pH 5.6 değerine düşürüldüğünde % 55'inden fazlası uzaklaşmaktadır (Kindstedt, 1985; Joshi ve ark., 2004). Rowney ve ark. (1999), yapılan çalışmalarda aynı pH değerine (5.2) kadar olgunlaştırıldıkları halde, peynir altı suyu pH 5.9'da ayrılan peynirlerin pH 6.4'de ayrılanlara göre % 17 daha az kalsiyum içerdiğini

bildirmiştir. Burada, pıhtı ile temas halinde bulunan peynir altı suyu çözünür kalsiyumun pıhtıdan uzaklaştırılması için bir araç rolü oynamaktadır.

Metzger ve ark. (2001a), az yağlı mozzarella peyniri üretiminde sütün ön asitlendirilmesinin kimyasal kompozisyon ve fonksiyonel özellikler üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada, ön asitlendirilen sütlerden yapılan mozzarella peynirlerinin kalsiyum konsantrasyonunu daha düşük bulunmuşlardır.

Guinee ve ark. (2002), pH ve kalsiyum konsantrasyonunun mozzarella peynirinin tekstürel ve fonksiyonel özellikleri üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada mayalama, serum ayırma ve pıhtı yoğurma aşamalarındaki pH değerleri peynir kompozisyonunu ve kalsiyum konsantrasyonunu önemli derecede etkilemiştir ve düşük mayalama ve serum ayırma pH'sına sahip peynirlerin kalsiyum konsantrasyonu daha düşük bulunmuştur.

Yun ve ark. (1995b), mozzarella peynirinde serum ayırma pH'sının kimyasal kompozisyon, proteoliz ve fonksiyonel özellikler üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada iki farklı serum ayırma pH'sı (6.40 ve 6.15) kullanmışlar ve peynirleri salamurasız olarak 41 °C'ye pişirme, pH 5.25'de öğütme ve 57°C sıcaklıkta yoğurma ile üç tekerrürlü olarak üretilmişlerdir. Serum ayırma pH'sı düştükçe peynirdeki kalsiyum içeriği de düşmüş (% 0.83'den % 0.75'e) ve peynir nemi artmıştır (% 45.7'den 46.3'e).

Yine, mozzarella peynirleri üzerine farklı üretim pH'larının denendiği diğer araştırmalarda da mayalama ve serum ayırma pH değerlerinin kalsiyum konsantrasyonunu etkilediği ve düşük pH değerlerinin peynirlerin kalsiyum konsantrasyonunu düşürdüğü görülmüştür (Sheehan ve Guinee, 2003; Joshi ve ark., 2004; Metzger ve ark., 2000; Metzger ve ark., 2001a; Metzger ve ark., 2001b; Guo ve ark., 1998; Feeney ve ark., 2002).

Daha önce yapılan çalışmalara ve yukarıdaki bilgilere uyumlu olarak peynirlerin kalsiyum konsantrasyonları, üretim yönteminde uygulanan rennet ilavesi ve serum ayırma pH değerlerindeki düşüğe paralel olarak 886.5-587.7 mg/100 g arasında A'dan D'ye azalan sırada değişmiştir. Serum ayırma pH'sı en yüksek olan A peynirleri (pH 6.2) en yüksek kalsiyum miktarı ile, serum ayırma pH'sı en düşük D peynirlerinden (pH 5.3) istatistiksel olarak önemli düzeyde farklı bulunmuştur. Peynirlerin kalsiyum konsantrasyonları üzerinde, rennet ilavesi ve serum ayırma pH değerleri belirleyici

olmuş ve serum ayırma pH'sı 6,2 olan A peynirlerinde kalsiyumun % 32'si ayrılırken, serum ayırma pH'sının 5,3'e düşürülmesi (D peynirleri) kalsiyumun yaklaşık % 67'sinin serum ve haşlama suyu ile uzaklaşmasını sağlamıştır.

Kalsiyumun önemli bir bölümü serum ayırma aşamasında peyniraltı suyu ile ayrılmış, haşlama suyuna geçen kalsiyum miktarları peynirler arasında önemli bir fark göstermemiştir. Peynirlere ve peynirlerin üretiminde kullanılan manda sütüne ait kalsiyum miktarları ile peyniraltı suyuna ve haşlama suyuna geçen miktarlar ve de bu kalsiyum kayıplarının yüzdeleri Tablo 4.7'de verilmiştir.

Tablo 4.7. Ortalama kalsiyum konsantrasyonları ve üretim sırasında ayrılan kalsiyum oranları

	Peynirler			
	A	B	C	D
Kalsiyum konsantrasyonu (mg/100g)				
Süt	193.4	193.4	193.4	193.4
Peynir	886.5	763.8	706.6	587.7
Peyniraltı Suyu	41.6	62.7	75.2	105.7
Haşlama Suyu	21.4	27.5	26.3	24.4
Ayrılan Kalsiyum Oranları (%)				
Peyniraltı suyuna geçen	21.5	32.4	38.8	54.6
Haşlama suyuna geçen	11.1	14.2	13.6	12.6
Toplam ayrılan kalsiyum	32.6	46.7	52.5	67.3

4.4.2.8. Kalsiyum/Protein Oranı

Kalsiyum miktarının mozzarella peyniri üzerine etkilerinin değerlendirilmesinde kazeinle olan interaksiyonları önem taşıdığından bazı araştırmacılar (Yun ve ark., 1995; Metzger ve ark., 2001; Sheehan ve Guinee., 2003) peynirlerde toplam kalsiyum miktarı yerine kalsiyumun kazein veya toplam proteine oranını kullanmışlardır. Mozzarella peynirlerinde toplam protein miktarının % 99'unu kazein oluşturmaktadır (Kindstedt, 1982).

Çalışmamızda, peynirler arasında toplam protein miktarları istatistiksel olarak farklı bulunduğundan ($P < 0.05$) kalsiyum konsantrasyonları ve peynir üzerine etkilerini daha iyi karşılaştırabilmek amacıyla mg Ca/g protein oranı kullanılmıştır (Tablo 4.6). Peynirlere ait kalsiyum/protein oranları 35.71-26.52 (mg/g) arasında değişmiş ve

aralarında % kalsiyum miktarlarına benzer şekilde istatistiksel olarak önemli düzeyde fark bulunmuştur ($P<0.05$).

Metzger ve ark. (2001a), ön asitlendirmenin inek sütünden yapılan az yağlı mozzarella peynirlerine etkisini araştırdıkları çalışmada serum ayırma pH'ları 6.22 ile 5.71 arasında değişen peynirlerin Ca:protein (%) oranlarını 1.75 ile 3.02 arasında bulmuşlardır.

Yun ve ark. (1995b), farklı serum ayırma pH'larının inek sütünden yapılan mozzarella peynirleri üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmada, serum ayırma pH'sı 6.40 ve 6.15'e ayarlanan peynirlerin Ca:protein (%) oranlarını sırasıyla 2.96 ve 2.71 bulmuşlardır.

Sheehan ve Guinee (2003), inek sütü mozzarella peynirlerinde farklı pH ve kalsiyum konsantrasyonlarını denedikleri çalışmada, serum ayırma pH'sı 5.54-6.41 arasında değişen peynirlerde kalsiyum konsantrasyonunu 18.31-28.58 mg/g protein arasında bulmuştur.

4.4.2.9. Fosfor

Daha önce açıklandığı gibi mozzarella peynirlerinin fizikokimyasal özellikleri üzerine koloidal kalsiyum fosfat miktarı etkilidir. Bu yüzden peynirlerdeki fosfor miktarı serum ayırma pH'sına bağlı olarak kalsiyuma benzer şekilde değişim göstermektedir (Kindstedt, 1982).

Mozzarella peynirlerinin fosfor konsantrasyonları da benzer ilişkiyi göstermiş ve 452.5-325.3 mg/100 g arasında A'dan D'ye azalan sırada değişmiştir. En yüksek fosfor miktarına sahip A ve en düşük fosfor miktarına sahip D peynirleri diğerlerinden istatistiksel olarak önemli düzeyde farklı bulunmuştur ($P<0.05$).

Sheehan ve Guinee (2003), inek sütü mozzarella peynirlerinde farklı pH ve kalsiyum konsantrasyonlarını denedikleri çalışmada, serum ayırma pH'sı 5.54-6.41 arasında değişen peynirlerde fosfor konsantrasyonlarını 15.48-19.38 mg/g protein arasında bulmuştur.

4.4.3. Depolama Süresinin Mozzarella Peynirlerinin Fizikokimyasal ve Duyusal Özellikleri Üzerine Etkileri

4.4.3.1. pH değeri

Depolama süresince mozzarella peynirlerine ait pH değerleri Tablo 4.8’de verilmiştir.

Mozzarella peynirlerinin üretiminde serum ayırma aşamasından sonra tüm peynirlerde pıhtı pH’sı 5.2 değerine kadar olgunlaştırıldıktan sonra haşlama-yoğurma işlemi yapılmıştır. Dolayısıyla, son peynir pH’larının tüm peynirlerde 5.2 değerine yakın olması beklenen bir durumdur. Peynir örneklerinde 1. gün yapılan analiz sonucunda ortalama pH değerleri 5.11 ile 5.26 arasında değişmiş ve bu değerler beklenildiği gibi peynirlerin haşlama öncesi pH’sına yakın veya biraz altında bulunmuştur. Yapılan istatistiksel analiz sonucunda, A peynirlerinin pH değeri diğer peynirlerden önemli derecede yüksek bulunmuş ($P<0.05$), diğer peynirler arasında ise önemli bir fark görülmemiştir ($P>0.05$). Peynir örneklerinin 28. gün analizlerinde de benzer sonuçlar elde edilmiş. A grubu peynirleri yine en yüksek pH değerine sahipken, en düşük değer B grubunda görülmüştür ve A ve B grubuna ait peynirler kendi aralarında ve diğerlerinden istatistiksel olarak önemli düzeyde farklı bulunmuştur ($P<0.05$).

Tablo 4.8. Depolama süresince mozzarella peynirlerinin pH değerlerinde görülen değişimler

Peynirler	pH	
	1. Gün	28. Gün
A	5.26 ± 0.040 a	5.28 ± 0.030 a
B	5.15 ± 0.021 b	4.99 ± 0.015 c
C	5.11 ± 0.006 b	5.05 ± 0.011 b
D	5.11 ± 0.021 b	5.03 ± 0.011 b

* Aynı sütun içinde aynı harfle işaretli ortalamalar arasında fark yoktur ($P>0.05$)

Her iki depolama süresi arasında pH değerleri bakımından istatistiksel olarak önemli fark bulunmuştur ($P<0.05$). Beklendiği gibi olgunlaşma süresi ilerledikçe peynir örneklerinin pH değerleri önemli derecede azalmıştır ($P<0.05$).

Metzger ve ark. (2001a)'nın, ön asitlendirilmenin inek sütünden yapılan düşük nemli mozzarella peynirlerinin kimyasal ve fonksiyonel özellikleri üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada tüm peynirlerde 1. gün pH değeri benzer bulunmuş ve 5.2 dolaylarında çıkmıştır. Depolamanın 30. gününde sitrik asit ve asetik asitle pH 6.0 ve 5.8'e sütün ön asitlendirilmesi ile üretilen peynirlerin pH'sı düşerken. kontrol peynirlerinin pH değeri yükselmiş ve bu durumun peynirlerdeki farklı kalsiyum konsantrasyonları nedeniyle tamponlama kapasitelerindeki farktan kaynaklanabileceği öne sürülmüştür.

Guinee ve ark. (2002), pH ve kalsiyum konsantrasyonunun. inek sütünden yapılan mozzarella peynirlerinin tekstürel ve fonksiyonel özellikleri üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada peynirlere ait 1. gün pH'larının üretimin kuru tuzlama aşamasındaki pH'lardan yüksek olduğunu kaydetmiştir. Bu durumu, laktat : protein oranındaki azalmaya ve laktik asit, çözünür kalsiyum ve fosfatın uzaklaşması ile pıhtının tamponlama kapasitesinin kaybına bağlamışlardır.

Yun ve ark (1993e), pıhtı öğütme pH'sının inek sütünden yapılan mozzarella peynirlerinin kimyasal kompozisyonu ve proteoliz üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada pıhtı öğütme işlemini pH 5.4, 5.25, 5.10 değerlerinde yaptıkları peynirlerin 1. gün pH'larını sırasıyla 5.22, 5.16, 5.09 olarak tespit etmişler ve depolama süresince pH değerlerinde artış kaydetmişlerdir.

Sheehan ve Guinee (2003)'nin, inek sütünden yapılan yağı azaltılmış mozzarella peynirleri üzerine pH ve kalsiyumun etkilerini araştırdıkları çalışmada, starter ve direkt asitlendirme yöntemleriyle farklı mayalama, serum ayırma ve pıhtı öğütme pH'larında ürettikleri peynirlerde 5. gün pH değerleri 5.42 ile 5.89 arasında değişmiştir. Bu değerler pıhtı tuzlama aşamasındaki değerlerden yüksek bulunmuş ancak 70 günlük depolama süresince düşüş gözlenmiştir.

Farklı çalışmalarda pH-depolama süresi arasındaki ilişkinin değişimi üretim yöntemi. tamponlama kapasitesi. nem ve laktat miktarı, starter kültürün termal inaktivasyonu ile çözünür ve koloidal kalsiyum fosfat oranına bağlanmıştır (Sheehan ve Guinee, 2003; Guinee ve ark., 2002).

4.4.3.2. Titrasyon Asitliği

Mozzarella peyniri örneklerinin depolama süresince titrasyon asitliği değerlerine ait ortalamalar Tablo 4.9'da verilmiştir.

Mozzarella peynirlerinin 1. güne ait ortalama titrasyon asitliği değerlerinde istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamakla birlikte, en yüksek asitlik C peynirlerinde, en düşük değer ise A peynirlerinde görülmüştür ($P>0.05$). 28. gün sonuçlarında A grubu peynirleri en düşük asitlikle diğerlerinden istatistiksel olarak farklı bulunurken, en yüksek asitlik değeri D grubu peynirlerinde görülmüştür ($P<0.05$).

Her iki depolama süresi arasındaki asitlik değerlerinde istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır ($P>0.05$).

Tablo 4.9. Depolama süresince mozzarella Peynirlerinin titrasyon asitliği değerlerinde görülen değişimler

Peynirler	Titrasyon asitliği (% laktik asit)	
	1. Gün	28. GÜN
A	0.716 ± 0.067 a	0.503 ± 0.002 c
B	0.770 ± 0.065 a	0.856 ± 0.184 ab
C	0.781 ± 0.028 a	0.714 ± 0.038 b
D	0.768 ± 0.005 a	0.921 ± 0.070 a

* Aynı sütun içinde aynı harfle işaretli ortalamalar arasında fark yoktur ($P>0.05$)

Ghosh ve Singh (1996), farklı pıhtı haşlama titrasyon asitliği seviyelerinin manda sütünden yapılan mozzarella peynirleri üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada pıhtı asitlikleri % 0.5, 0.6, 0.7 ve 0.8 olan peynirlere ait titrasyon asitliklerini sırasıyla % 0.48, 0.54, 0.60 ve 0.65 bulmuşlardır.

Jana ve Upadhyay (1997), iki farklı yöntemle ürettikleri manda sütü mozzarella peynirlerinin titrasyon asitliklerini % 0.50 ve %0.60 değerinde bulmuşlardır.

Ghosh ve Singh (1991)'in manda sütü kullanarak farklı pıhtılaştırıcı enzimleri denedikleri mozzarella peynirlerinin titrasyon asitlikleri % 0.52-0.56 arasında değişmiştir.

4.4.3.3. Ayrılabilir Serum

Mozzarella peynirlerinde kazeine bağlı minerallerin (Ca, Mg, Zn) kazein matriksi ve serum fazı arasında dağılımı pH değerinden önemli derecede etkilenmekte ve düşük pH değerleri çözünür fazı artırmaktadır (Kindstedt ve Guo, 1998). Peynirlerde kazeine bağlı kalsiyum miktarındaki azalma kazeinin su fazında çözünürlüğünü yani kazeinin hidrasyonunu artırmakta, böylece protein hidrasyon derecesi ya da proteinlerin su tutma kapasitesi için bir indeks olan ayrılmayan serum/g protein miktarı da yükselmektedir. Kısaca, daha düşük pH değerlerinde üretilen dolayısıyla Ca:kazein oranı daha düşük olan peynirlerde ayrılabılır serum miktarları azalmakta ve su tutma kapasitesi yükselmekte, diğer bir deyişle ayrılmayan serum miktarları fazla olmaktadır (Guinee ve ark., 2002).

Mozzarella peynirlerinde depolama süresince ayrılabılır ve ayrılmayan serum seviyelerindeki değişim Tablo 4.10'de verilmiştir.

Depolamanın 1. gününe ait ayrılabılır serum seviyeleri % 8.91 ile % 16.8 arasında değişmiştir ve en yüksek miktar D peynirlerinde, en düşük değer ise A peynirlerinde görülmüş ve değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.05$). 28. güne ait ayrılabılır serum değerleri de 1. gün sonuçlarında olduğu gibi A'dan D'ye doğru artış göstermiş ve en düşük serum seviyesi ile A peynirleri diğerlerinden istatistiksel olarak önemli düzeyde farklı bulunmuştur ($P<0.05$).

Tablo 4.10. Serum ayırma pH'sının depolama süresince mozzarella peynirlerinin ayrılabılır serum ve ayrılmayan serum (% ve g/g protein olarak) miktarları üzerine etkisi

	Ayrılabılır serum (%)		Ayrılmayan serum (%)		Ayrılmayan serum (g/g protein)	
	1. Gün	28. Gün	1. Gün	28. Gün	1. Gün	28. Gün
A	8.91 ± 2.41 c	4.07 ± 2.16 b	37.61±3.13a	40.33±1.05a	1.58±0.16a	1.69±0.09a
B	11.01 ± 0.59bc	9.43 ± 1.41 a	36.63±3.77a	40.66±1.56a	1.53±0.07a	1.70±0.07a
C	13.25 ± 1.18 b	10.16 ± 1.71 a	36.48±1.41a	42.26±0.99a	1.57±0.05a	1.83±0.09a
D	16.80 ± 1.52 a	12.60 ± 2.79 a	38.07±1.20a	39.26±2.45a	1.62±0.01a	1.67±0.04a

* Aynı sütun içinde aynı harfle işaretli ortalamalar arasında fark yoktur ($P>0.05$)

Peynirlerin yüzde nem miktarından ayrılabılır serum miktarının çıkarılmasıyla hesaplanan ayrılmayan serum miktarlarına bakıldığında, peynirler arasında istatistiksel

olarak önemli bir fark bulunmamakla birlikte 1. gün peynirlerinde en yüksek değer 38.07 ile D peynirlerine, en düşük değer 36.48 ile C peynirlerine aittir. 28. gün sonuçları 1. gün değerlerinden daha yüksek bulunmuş ve istatistiksel olarak önemli düzeyde bir farklılık göstermiş ($P<0.05$) ancak peynirler arasında önemli bir fark bulunmamıştır. 28. güne ait en yüksek değer 42.26 ile C, en düşük değer 39.26 ile D peynirlerine aittir.

Protein başına düşen ayrılmayan serum miktarları incelendiğinde yine peynirler arasında önemli istatistiksel bir fark bulunmazken, 1. gün en yüksek değer D, en düşük değer B peynirlerinde, 28. gün en yüksek değer C, en düşük değer D peynirlerinde görülmüştür. 1. ve 28. gün arasındaki fark istatistiksel olarak önemli düzeyde bulunmuştur.

Bu değerler genel olarak daha önce yapılan çalışmalarda ayrılabılır ve ayrılmayan serum miktarlarına yakın bulunmuştur (Metzger ve ark., 2001; Guinee ve ark., 2002; Sheehan ve Guinee, 2003).

Protein matriksi su tutma kapasitesinden sorumlu temel yapı olduğundan peynirlerdeki protein miktarı ayrılabılır serum seviyesini etkilemektedir. Protein miktarındaki azalma ayrılmayan serum miktarını da düşürmektedir (Guinee ve ark., 2002).

Mozzarella peynirlerinde suyun dağılımı gerdirme-yoğurma aşamasında oluşan farklı mikro yapı nedeniyle çoğu diğer peynirden farklılık göstermektedir. Çoğu peynirde su, kazein matriksi arasında dağılmış haldeyken mozzarellada kazein matriksi su ve yağ damlacıklarıyla dolu geniş kanallar oluşturacak şekilde lifli bir yapı sergilemektedir. Suyun bu kanallarda birikmesi mozzarella peynirinin düşük su tutma kapasitesine sahip olduğunu göstermektedir. Genellikle taze mozzarella peynirlerinin dış kısmında veya kesilen yüzeylerinde serbest su oluşumu gözlenir ve bu durum üretimin ilk günlerinde dilimlenme ve eriyebilirliği olumsuz etkiler. Ancak olgunlaştırma sonucunda yüzeydeki nem peynir tarafından absorbe edilir. Bu durum mozzarella peynirlerinde olgunlaştırma ile su tutma kapasitesinin arttığını göstermektedir (Guo ve Kindstedt, 1995). Guo ve Kindstedt (1995), mozzarella peynirlerinde depolama başlangıcında ayrılabılır serum miktarı, toplam suyun % 40'ını oluştururken, 16 günlük depolama sonrasında bu miktarın toplam suyun % 4'üne indiğini bildirmiştir. Bu süre zarfında serumdaki çözünür protein ve çinko miktarları artmıştır. Çeşitli araştırmacılar, olgunlaştırma sürecinde çözünmeyen kazein matriksinin

şişerek daha yüksek su tutma kapasitesine sahip hidrate olmuş bir jel yapısını oluşturduğunu, ayrıca hidrolize olmayan kazein ve koloidal minerallerin su fazına dağılarak pıhtı matrisini zayıflattığını öne sürmüşlerdir (Rowney ve ark., 1999).

4.4.3.4. Mozzarella Peynirlerinde Eriyebilirlik Testi Sonuçları

Mozzarella peyniri pişirildiğinde homojen olarak erimelidir. Isıl uygulama sırasında peynir, kendi ağırlığını taşıyamadığı noktada deforme olmaya ve erimeye başlar. Peynirde eriyebilirliğin ölçümünde kullanılan iki geleneksel metot bulunmaktadır. Bunlar, Schreiber testi ve Arnott testleridir. Schreiber testinde silindirik bir peynir diskinin erime sonucu çapında veya alanında meydana gelen artış ölçülürken. Arnott testinde erime ile peynir yüksekliğinde meydana gelen düşüş ölçülmektedir ve bu iki test arasında korelasyon bulunmamaktadır. Bir başka yöntemle göre ise bir tüp içinde belli miktarda peynirin pişirme sonucu erime uzunluğu ölçülmektedir (Oberg ve ark., 1992a).

Bu çalışmada mozzarella peynirlerinin eriyebilirliği modifiye Schreiber testi ile ölçülmüş (Muthukumarappan ve ark., 1999), ve sonuçlar Tablo 4.11’de verilmiştir.

Tablo 4.11. Serum ayırma pH’sının depolama süresince mozzarella peynirlerinde modifiye Schreiber testi sonucunda elde edilen erime alanı değerleri üzerine etkileri

	Son alan (cm ²)		Erime derecesi		Erime oranı	
	1. Gün	28. Gün	1. Gün	28. Gün	1. Gün	28. Gün
A	15.79 ± 1.9b	38.19 ± 4.6a	223.59 ± 27.6b	540.53 ± 66.4a	123.59 ± 27.6b	440.53 ± 66.4a
B	21.94 ± 0.3ab	25.60 ± 1.7b	310.60 ± 5.1ab	362.43 ± 25.3b	210.60 ± 5.1ab	262.43 ± 25.3b
C	23.90 ± 2.1a	26.87 ± 0.8b	338.28 ± 29.3a	380.43 ± 11.7b	238.28 ± 29.3a	280.43 ± 11.7b
D	20.27 ± 5.6ab	11.15 ± 0.7c	286.86±79.6ab	157.89 ± 10.8c	186.86±79.6ab	57.89 ± 10.8c

* Aynı sütun içinde aynı harfle işaretli ortalamalar arasında fark yoktur (P>0.05)

Peynirlerin erime sonrası ortalama alanları arasında 1. gün en yüksek değer C peynirlerine, en düşük değer A peynirlerine aittir. 28. gün en yüksek alanı A, en düşük alanı D peynirleri vermiştir. 28. gün peynirlerde erime alanları D peyniri dışında 1. güne kıyasla istatistiksel olarak önemli düzeyde bir artış gösterirken D peynirinde erime miktarı ciddi şekilde azalmıştır (P<0.05). Tüm peynirlerin pişme öncesi alanının 7.06 cm² olduğu göz önüne alındığında. D peynirlerinin depolamanın 28. gününde

eriyebilme yeteneğini büyük ölçüde kaybettiği söylenilebilir. A peynirlerinin eriyebilirliği depolamanın 1. gününde oldukça zayıfken, olgunlaştırma ile önemli düzeyde gelişme göstermiş ve depolamanın 28. günündeki erime miktarı diğer peynirlerin üzerine çıkmıştır. B ve C peynirlerinde olgunlaştırma ile eriyebilirlik özelliğindeki gelişme daha küçük miktarlarda olmuştur. Peynirlerin erime derece ve oranları da son alan miktarlarına paralel değerlerdedir ve istatistiksel olarak aynı sonuçları vermişlerdir.

Joshi ve ark. (2003), kalsiyumun mozzarella peyniri üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada kalsiyumun erime alanını önemli derecede etkilediğini tespit etmişlerdir. Peynirlerde kalsiyumun % 25 azaltılması eriyebilirliği 1. gün yaklaşık 1.4 kat artırırken. % 35 ve % 45 azaltılması 2.1 ve 2.6 kat artırmıştır. Kalsiyumdaki % 35 ve üzerinde azalma aşırı erimeye yol açtığından uygun bulunmamıştır.

Peynirlerde iyi bir eriyebilirlik için protein ve nem arasında güçlü bir etkileşim olmalıdır. Kalsiyum miktarındaki azalma proteinlerin suyla etkileşime girmesini sağlamakta ve böylece protein matriksi hidrate olarak ısıl uygulama sonucu daha iyi akışkanlık göstermektedir. Araştırmada Ca oranı % 35 ve % 45 azaltılanlar dışındakilerin depolama süresince erime alanları artmıştır. Pasta filata tipi peynirlerde normalde yağ-serum kanallarında bulunan su, depolama süresince protein matriksi tarafından absorplanmaktadır. Proteinlerin hidrate olması peynir eriyebilirliğini artırmaktadır. 30 günlük soğuk depolama sonrasında kontrol peynirlerinin erime alanı kalsiyumu % 25 azaltılmış 1. gün peynirlerinin erime seviyesine ulaşmıştır (Joshi ve ark., 2003). Joshi ve ark. (2002)'nin yaptığı çalışmada mozzarella peynirlerinde kalsiyum zenginleştirmesinin eriyebilirlik üzerine etkisi olmazken kalsiyum miktarının azaltılması eriyebilirliği önemli düzeyde artırmıştır. Araştırmacılar, tuz içermeyen peynirlerin eriyebilirliğinin daha düşük olduğunu bildirmişlerdir. Yüksek kalsiyum içeren tuzsuz peynirlerde protein matriksi ağının parçalanması için daha fazla enerji gerektiğini ve bu yüzden erimenin azaldığını bildirmişlerdir.

Ge ve ark. (2002)'nin, pH değerinin mozzarella peynirlerinde kalsiyum dağılımı ve eriyebilirlik üzerine etkilerini inceledikleri çalışmada, pH'nın 5.3'den 4.8'e düşürülmesi suda çözünür kalsiyum miktarını artırmış ve peynirler pH 5'in altına inildiğinde erime özelliklerini kaybetmiştir. pH'nın tekrar 5.1'e getirilmesi bu özelliklerin geri kazanımını sağlamıştır. Kalsiyum peynirde kazein matriksinin önemli

bir unsurudur. Kazeine bağlı kalsiyumun çözünür faza geçmesi pH 5'in altında erime özelliklerini olumsuz etkilemiştir.

Metzger ve ark. (2001a), eriyebilirliğin ön asitlendirme uygulamasından etkilenmediğini fakat depolama süresince artış gösterdiğini bildirmiştir.

Pastorino ve ark. (2003), 90°C'de mineral yağ banyosunda test tüpü içinde 10 dakika pişirdikleri peynirlerde erime uzunluğunu ölçmüşler ve peynirlere kalsiyum enjeksiyonunun erime uzunluğunu azalttığını tespit etmişlerdir.

Bizim çalışmamızda peynir örneklerinde kalsiyumun % 13.8 oranında azaltılması (B peynirleri) eriyebilirliği (1. gün) 1,39 kat, % 20.3 azaltılması (C peynirleri) 1,51 kat ve % 33.7 azaltılması (D peynirleri) 1.28 kat artırmıştır.

4.4.3.5. Renk Ölçümü Sonuçları

Minolta kolorimetresi ile analiz edilen *L*, *a*, *b* renk ölçüm sisteminde *L* değeri 0-100 arasında değişmekte, 0 siyah. 100 beyaz renge karşılık gelmektedir. Pozitif *b* değerleri sarılığı, negatif *b* değerleri maviliği ifade ederken pozitif *a* değerleri kırmızılığı, negatif *a* değerleri yeşilliği göstermektedir (Yetim, 2001).

4.4.3.5.1. Direk Ölçüm Sonuçları

Mozzarella peynirlerinin iç kesitinden alınan ortalama *L*, *a* ve *b* değerlerinde depolama süresince görülen değişimler Tablo 4.12'de verilmiştir.

Tablo 4.12. Serum ayırma pH'sının depolama süresince mozzarella peyniri iç kesitine ait *L*, *a* ve *b* değerleri üzerine etkileri

	<i>L</i> değeri		<i>a</i> değeri		<i>b</i> değeri	
	1. Gün	28. Gün	1. Gün	28. Gün	1. Gün	28. Gün
A	78.06 ± 0.30a	80.12 ± 1.44a	-4.45 ± 0.04b	-4.81 ± 0.52a	14.86 ± 0.15a	17.42 ± 1.28a
B	77.67 ± 1.16a	81.52 ± 1.88a	-4.11 ± 0.10a	-4.67 ± 0.04a	14.57 ± 0.2ab	17.61 ± 0.19a
C	80.17 ± 0.76a	81.14 ± 2.35a	-4.08 ± 0.04a	-4.49 ± 0.28a	14.44 ± 0.29b	17.00 ± 0.96a
D	80.06 ± 2.57a	80.51 ± 3.74a	-4.01 ± 0.16a	-4.85 ± 0.26a	14.04 ± 0.11c	17.64 ± 0.82a

* Aynı sütun içinde aynı harfle işaretli ortalamalar arasında fark yoktur (P>0.05)

Mozzarella peynirlerinde 1. gün *L* değerleri 77.67-80.17 arasında değişmiştir ve peynirler arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır (P>0.05). 28. güne

ait sonuçlarda da istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır ($P>0.05$). Tüm peynir örneklerinin 1. gün ortalama beyazlık değeri 28. gün değerine oranla önemli derecede düşük bulunmuştur ($P<0.05$). Bu sonuçlara göre, serum ayırma pH'sı peynirlerin “beyazlığı” üzerine önemli derecede etki etmemiştir ancak, olgunlaşma süresi peynirlerin ağarmasına neden olmuştur.

Peynirlerin a değerleri 1. günde -4.01 ile -4.45 arasında değişmiş ve -4.49 ile -4.89 arasında değişen 28. gün değerlerinden istatistiksel olarak önemli düzeyde farklı bulunmuştur ($P<0.05$). 1. güne ait en düşük a değeri -4.45 ile A peynirlerinde görülmüş ve diğerlerinden istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($P<0.05$). 28. gün sonuçları arasında istatistiksel olarak önemli bir fark görülmezken ($P>0.05$), en yüksek a değeri C, en düşük a değeri D peynirlerinde görülmüştür. Bu sonuçlar peynirlerin “yeşil” renk karakterinde bulunduğunu ve olgunlaşma ile “yeşil” rengin arttığını ortaya koymuştur.

1. güne ait b değerleri 14.86-14.04 arasında değişmiştir. A peynirinden D peynirine doğru b değerleri düşüş göstermiştir. 28. güne ait sonuçlar peynirler arasında istatistiksel açıdan önemli bir farklılık göstermemiş ($P>0.05$), en yüksek b değeri D, en düşük değer C peynirlerinde görülmüştür. Her iki depolama süresi arasında peynirlere ait b değerleri istatistiksel açıdan önemli düzeyde farklı bulunmuştur ($P<0.05$). Bu sonuçlara göre, serum ayırma pH'sı peynirlerin “sarı” renginin azalmasına katkıda bulunmuştur. “Sarı” renk, olgunlaşma ile önemli derecede artmıştır.

Metzger ve ark. (2001), ön asitlendirmenin inek sütünden yapılan az yağlı mozzarella peynirleri üzerine etkisini inceledikleri çalışmalarda, 90 günlük depolama süresince L değerlerinin düştüğünü, erime öncesi peynirlerin L değerlerinin 65-80 arasında değiştiğini ve ön asitlendirme seviyesindeki artışa paralel olarak L değerlerinde azalma meydana geldiğini bildirmişlerdir. Peynirlerin a ve b değerleri ise ön asitlendirme veya olgunlaştırma süresinden etkilenmediği belirtilmiştir.

Sheehan ve ark. (2005)'nin, yüksek basınç uygulamasının az yağlı inek sütü mozzarella peynirinin fonksiyonel özellikleri üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada kontrol peynirlerine ait ortalama L, a ve b değerleri sırasıyla 86, -8.94 ve 27.1'dir.

4.4.3.5.2. Mozzarella Peynirlerinde Pişirme Sonrası Renkte Meydana Gelen Değişimler

Mozzarella peynirlerinde pişirme sonucu meydana gelen esmerleşme, peynirde kalan laktoz ve galaktoz gibi şekerlerle proteinlerin amino grupları arasında gerçekleşen

Maillard reaksiyonu sonucu gelişmektedir. Proteoliz artışı, Maillard esmerleşme reaksiyonuna girebilecek aktif amino gruplarının sayısını artırmaktadır. Galaktozu fermente edebilen starter kültürlerin kullanılması mozzarella peynirlerinde esmerleşmeyi azaltmaktadır. Renk ölçümü pişme sonucu esmerleşmenin belirlenmesi amacıyla yapılmaktadır (Rowney ve ark., 1995).

Mozzarella peynirlerinin pişirme sonrası ortalama L, a ve b değerlerinde depolama süresince görülen değişimler Tablo 4.13’de verilmiştir.

Tablo 4.13. Serum ayırma pH’sının depolama süresince mozzarella peynirlerinde pişirme sonrası L, a, b değerleri üzerine etkileri

		Peynirler				
		A	B	C	D	
1. Gün	Pişirme sonrası	L	49.37 ± 1.21b	50.55 ± 1.70b	55.05 ± 1.53a	56.98 ± 0.95a
		a	3.68 ± 0.42a	2.71 ± 0.65ab	3.37 ± 0.18a	1.91 ± 0.69b
		b	18.64 ± 0.47b	18.56 ± 0.84b	20.43 ± 0.57a	19.44 ± 0.7ab
	Renk değişimi*	L	(-)24.27 ± 1.32a	(-)23.95 ± 1.97a	(-)18.59 ± 1.79b	(-)17.70 ± 1.16b
		a	(+)7.58 ± 0.45a	(+)6.38 ± 0.66bc	(+)7.08 ± 0.22ab	(+)5.65 ± 0.74c
		b	(+)8.15 ± 0.568b	(+)8.10 ± 1.135b	(+)10.69±0.927a	(+)9.46 ± 0.64ab
28. Gün	Pişirme sonrası	L	52.84 ± 0.26b	55.02 ± 2.33b	58.74 ± 1.22a	61.29 ± 1.02a
		a	5.54 ± 0.24a	2.24 ± 0.60b	1.38 ± 0.41c	2.26 ± 0.39b
		b	29.38 ± 0.45a	24.54 ± 1.56b	23.51 ± 2.21b	28.08 ± 0.67a
	Renk değişimi*	L	(-)22.60 ± 0.81a	(-)18.74 ± 2.60b	(-)18.72 ± 0.74b	(-)16.67 ± 0.50b
		a	(+)9.18 ± 0.45a	(+)5.50 ± 0.46b	(+)5.01 ± 0.56b	(+)5.85 ± 0.39b
		b	(+)19.07 ± 0.24a	(+)14.39 ± 2.01b	(+)14.08 ± 1.69b	(+)18.24 ± 0.75a

• Aynı satır içinde aynı harfle işaretli ortalamalar arasında fark yoktur (P>0.05)

* Pişirme öncesi ölçülen değer ile pişirme sonrası ölçülen değerlerin farkı alınarak elde edilmiştir, (-): değerlerin azaldığını, (+): değerlerin arttığını ifade etmektedir.

Mozzarella peynirlerinde 1. ve 28. güne ait pişirme sonrası ölçülen L değerleri peynirler arasında istatistiksel olarak önemli düzeyde farklılık göstermiş (P<0.05) ve A peynirinden D peynirine doğru yükselmiştir. Depolamanın 28. gününde pişirme sonrası L değerlerinde 1. güne kıyasla istatistiksel olarak önemli düzeyde bir artış gözlenmiştir (P<0.05).

1. güne ait pişirme sonrası a değerleri 1.91-3.68 arasında değişirken en yüksek değer A, en düşük değer D peynirlerinde görülmüştür. 28. gün sonuçları 1.38-5.54 arasında değişmiş ve en yüksek a değeri A, en düşük C peynirinde bulunmuştur. Peynirler arasındaki farklar istatistiksel açıdan önemli çıkmıştır (P<0.05). Her iki

depolama süresi arasında peynirlere ait a değerleri istatistiksel açıdan farklı bulunmamakla birlikte, A ve D peynirlerinin a değerlerinde bir miktar artış, B ve C peynirlerinde ise bir miktar düşüş kaydedilmiştir ($P>0.05$). Bu sonuçlara göre, peynirlerin serum ayırma pH'sı azaldıkça (6.2'den 5.3'e) peynirin rengi kırmızıdan (+a) yeşile eğilim göstermiştir. Olgunlaştırma, tüm peynirlerin "kırmızı" renk yoğunluğunu arttırmıştır.

1. güne ait pişirme sonrası b değerleri 18.56-20.43 arasında değişirken en yüksek değer C, en düşük değer B peynirlerinde görülmüştür. 28. gün sonuçları 23.51-29.38 arasında değişmiş ve en yüksek b değeri A, en düşük C peynirinde bulunmuştur. Peynirler arasındaki farklar istatistiksel açıdan önemli çıkmıştır ($P<0.05$). 28 günlük depolama sonrası peynirlere ait b değerleri istatistiksel açıdan önemli düzeyde artış göstermiştir ($P<0.05$).

Pişirmenin peynirlerin L, a ve b değerlerinde meydana getirdiği değişim, pişirme öncesinde alınan L, a ve b değerleri ile pişirme sonrası elde edilen değerlerin farkları alınarak hesaplanmış ve Tablo 4.13'de "renk değişimi" olarak verilmiştir. Pişirme işlemi rengin koyulaşmasına, dolayısıyla da L değerlerinin düşmesine neden olmuştur. 1. ve 28. gün L değerlerinde pişirme ile meydana gelen düşüş peynirler arasında istatistiksel olarak önemli düzeyde farklı bulunmuş ($P<0.05$). her iki depolama süresinde de en belirgin değişim A, en az değişim D peynirlerinde gözlenmiştir. Peynirlerde pişirme öncesinde yeşilimtrak renge işaret eden negatif a değerleri, pişirme sonrasında peynirlerin "kırmızı-sarımttrak" görünümü dolayısıyla kırmızılığı gösteren pozitif a değerlerine dönüşmüştür. a değerlerinde 1. gün en yüksek artış miktarı A peynirinde, en düşük artış D peynirlerinde gözlenmiş, 28. gün en yüksek artış yine A peynirlerinde gözlenirken en düşük artış miktarı C peynirlerinde meydana gelmiştir ve peynirler arasında artış miktarları bakımından istatistiksel olarak önemli düzeyde fark bulunmuştur ($P<0.05$). Sarı rengin ölçüsü olan pozitif b değerleri pişirme ile artış göstermiştir. 1. gün en yüksek artış miktarı C, en düşük artış miktarı B peynirlerinde gözlenirken, 28. gün en yüksek artış A. en düşük artış C peynirlerinde gözlenmiştir ve peynirler arasında istatistiksel olarak önemli düzeyde fark bulunmuştur ($P<0.05$).

Depolama süreleri arasında da L, a ve b değerlerinde meydana gelen değişim miktarları bakımından istatistiksel olarak önemli düzeyde fark bulunmuştur ($P<0.05$).

Renk sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde, üretimde kullanılan farklı serum ayırma pH'larının esmerleşme üzerine önemli etkisi olduğu ve yüksek serum ayırma pH'sına sahip A peynirlerinin pişirme sonunda daha fazla esmerleştiği, buna karşın peynirlerde serum ayırma pH değerlerindeki düşüğe paralel olarak esmerleşme miktarlarının da azaldığı görülmüştür.

Pizza pişirme sırasında mozzarella peynirlerinde görülen esmerleşme olgunlaşma süresinden etkilenmekte. taze mozzarella peynirinde yüksek derecede yanma görülürken, iki haftalık olgunlaştırma sonunda esmerleşme önemli ölçüde azalmakta, sonrasında ise tekrar artış göstermektedir (Kindstedt, 1993).

Metzger ve ark. (2001b), ön asitlendirme ile kalsiyum konsantrasyonunun düşürülmesinin inek sütünden yapılan mozzarella peynirlerinde pizza pişirme sırasında esmerleşme özelliklerini çok az etkilediğini bildirmiştir. 7, 24, 38, 49, 60 ve 71 °C sıcaklıklarında pişirilen mozzarella peynirlerinin L değerlerinde artış gözlemlenmiştir. Depolama süresince peynirlerde maksimum L değerini veren sıcaklık derecesi yükselmiştir. Araştırmacılar, az yağlı mozzarella peynirlerinde yüksek seviyede proteoliz veya düşük miktarda suda çözünmeyen kalsiyumun pizza pişirme sonrasında beyazlık derecesini düşürdüğünü ve bunun tüketici beğenisini olumsuz etkilediğini bildirmiştir.

Matzrof ve ark. (1994), yüksek sıcaklıklarda pizza pişirme süresince inek sütünden farklı starter kültürler kullanılarak yapılan mozzarella peynirlerindeki esmerleşmeyi araştırdıkları çalışmada 232 ve 307 °C'lerde 2 dakika ve 307 °C'de 1.5 dakika pişirdikleri peynirlerde L değerlerini sırasıyla 60.6-58.9, 52.6-38.8, 56.4-50.0, a değerlerini -2.8 ile -0.8, 2.8-10.5, 0.2-5.0, b değerlerini 16.8-21.4, 20.5-18.0 ve 19.6-20 arasında bulmuşlardır.

Oberg ve ark. (1991b), *Lactobacillus helveticus* kültürlerinin inek sütü mozzarella peynirleri üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada bir test tüpü içinde 60 dakika kaynayan su banyosunda pişirme sonucu L, a ve b değerlerini ölçmüşlerdir. Pişirme rengini değerlendirme kriteri olarak b değerini kullandıkları çalışmada Prt(+) *L. helveticus* ve *S. salivarius ssp. thermophilus* kullanarak üretilen peynirlerde depolama süresince b değerinin arttığını, diğerlerinde ise azaldığını gözlemlenmiştir. En düşük b değerleri Prt(-) *L. helveticus* ile yapılanlarda bulunmuş, pişirme renginin peynir pH değerinin yükselmesiyle arttığı gözlenmiştir.

Merril ve ark. (1994)'nın, yağı azaltılmış mozzarella peyniri üzerine çalıştıkları araştırmada pişirme sonrası b değerleri 28 günlük depolama süresince artış göstermiş, peynirlerin kazein: yağ oranlarının rengi etkilemediği tespit edilmiştir.

4.4.3.6. Mozzarella Peynirlerinde Duyusal Değerlendirme Sonuçları

Mozzarella peynirinin dış görünüşü beyaz ve parlaktır, kabuk içermez, yüzeyi pürüzsüzdür, dış kısımlar deri gibi soyulur, ince tabakalar halinde ayrılır. İç görünüşü beyaz renklidir, deliksizdir. Konsistens olarak yumuşak, esnek ve liflidir, taze filata peynirlerine özgü tipik tabakalanmış görünümündedir, ıslaktır, üzerine hafifçe bastırıldığında sütümsü bir sıvı sızar. Taze ve aromatiktir, kesildiğinde tuzlumsu ve hafif ekşi lezzetli beyazımsı bir serum ortaya çıkar. Manda sütünden yapılanlar, inek sütünden işlenenlere göre daha lezzetli ve daha belirgin aromaya sahiptirler (Üçüncü, 2004).

Bu özellikler taze mozzarella peynirleri için geçerlidir. Düşük nemli mozzarella peyniri, taze mozarelladan bir takım farklılıklar göstermekte ve daha kuru, daha sarımtırak renkte ve minimum peynirimsi tattadır (Kosikowski, 1982).

Çalışmamızda elde edilen görünüş puanlarının depolama süresince değişimi Tablo 4.14'de verilmiştir.

Tablo 4.14. Serum ayırma pH'sının depolama süresince mozzarella peynirlerinde duyusal değerlendirme sonucu elde edilen görünüş puanları üzerine etkisi

Peynirler	Görünüş puanı	
	1. Gün	28. Gün
A	2.36 ± 0.165 b	2.49 ± 0.083 a
B	2.56 ± 0.186 ab	2.36 ± 0.028 a
C	2.59 ± 0.000 ab	2.44 ± 0.105 a
D	2.77 ± 0.080 a	2.39 ± 0.172 a

* Aynı sütun içinde aynı harfle işaretli ortalamalar arasında fark yoktur (P>0.05)

Peynirlerin 1. gün görünüş puanları arasında istatistiksel olarak önemli düzeyde fark bulunmuş (P<0.05), en yüksek puan D, en düşük puan A peynirlerine verilmiştir. A peynirlerinde, kaba, pürüzlü yüzey gibi görüntü kusurları tespit edilmiştir. Depolamanın 28. gününde görünüş puanları arasında istatistiksel açıdan önemli bir

farklılık görülmemiş ($P>0.05$), en yüksek puan A, en düşük puan B peynirlerine verilmiş ve mat, pürüzlü yüzey gibi görüntü kusurları belirlenmiştir. Her iki depolama süresi arasında peynirlere ait görünüş puanları istatistiksel açıdan önemli düzeyde farklı bulunmuştur ($P<0.05$). Bununla birlikte olgunlaşma ile A peynirlerinin görünüş puanının önemli derecede arttığı, diğer peynirlerin ise azaldığı görülmektedir.

Tablo 4.15. Serum ayırma pH'sının depolama süresince mozzarella peynirlerinde duyuşal değerlendirme sonucu elde edilen yapı puanları üzerine etkisi

Peynirler	Yapı puanı	
	1. Gün	28. Gün
A	3.51 ± 0.168 a	3.63 ± 0.449 a
B	4.47 ± 1.772 a	4.08 ± 0.217 a
C	4.92 ± 1.524 a	3.76 ± 0.306 a
D	4.06 ± 0.051 a	3.57 ± 0.624 a

* Aynı sütun içinde aynı harfle işaretli ortalamalar arasında fark yoktur ($P>0.05$)

Mozzarella peynirlerinde duyuşal değerlendirme sonucu elde edilen yapı puanları Tablo 4.15'te verilmektedir ve 3.51-4.92 arasında değişmiştir. Peynirler arasındaki puan farkları istatistiksel olarak önemli bulunmamakla birlikte, depolamanın 1. gününde en yüksek yapı puanı C peynirlerine, en düşük puan A peynirlerine verilirken, 28. gün yapılan duyuşal değerlendirmede B peynirleri en yüksek yapı puanını almış, en düşük puan ise D peynirlerine verilmiştir. 1. gün A peynirlerinin tekstür özelliklerinde kuru, sert ve kaba yapı kusurları belirlenmiş, 28. gün D peynirleri kuru ve kaba bir yapı sergilemişlerdir. 1. ve 28. güne ait yapı puanları arasında da istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır ($P>0.05$).

Tablo 4.16. Serum ayırma pH'sının depolama süresince mozzarella peynirlerinde duyuşal değerlendirme sonucu elde edilen aroma puanları üzerine etkisi

Peynirler	Aroma puanı	
	1. Gün	28. Gün
A	7.04 ± 0.197 b	7.26 ± 1.002 a
B	7.32 ± 0.200 b	7.58 ± 0.299 a
C	7.71 ± 0.143 a	7.28 ± 0.388 a
D	7.86 ± 0.045 a	6.79 ± 0.402 a

* Aynı sütun içinde aynı harfle işaretli ortalamalar arasında fark yoktur ($P>0.05$)

Mozzarella peynirlerinde depolamanın 1. ve 28. günündeki duyuşal değerlendirmeler sonucu elde edilen aroma puanları Tablo 4.16'de verilmiştir.

Mozzarella peynirlerinde duyuşal değerlendirme sonucu elde edilen aroma puanları 6.79-7.86 arasında değişmiştir. 1. gün yapılan duyuşal değerlendirmede A ve B peynirlerinin aroma puanları C ve D peynirlerine verilen puan değerlerinden istatistiksel olarak farklı bulunmuş ve en yüksek puan D, en düşük puan A peynirlerine verilmiştir. A peynirlerinde yavan tat gibi aroma kusurları tespit edilmiştir. Peynirlerin 28. gün aroma puanları arasında istatistiksel açıdan önemli bir farklılık görülmemiş ($P>0.05$), ancak, en yüksek puan B, en düşük puan D peynirlerine verilmiştir. D peynirlerinde yavan tat gibi kusurlar belirlenmiştir. Her iki depolama süresi arasında peynirlere ait aroma puanları istatistiksel açıdan farklı bulunmamıştır ($P>0.05$).

Mozzarella peynirlerinde duyuşal değerlendirme sonucu elde edilen genel kabul edilebilirlik puanları Tablo 4.17'de verilmiş ve 6.75-7.98 arasında değişmiştir. 1. gün yapılan duyuşal değerlendirmede A ve B peynirlerinin genel puanları istatistiksel açıdan benzer bulunurken C ve D peynirleri farklı çıkmıştır ve en yüksek puan D, en düşük puan A peynirlerine verilmiştir. Peynirlerin 28. gün genel puanlar arasında istatistiksel açıdan önemli bir farklılık görülmemiş ($P>0.05$), en yüksek puan B, en düşük puan D peynirlerine verilmiştir. Her iki depolama süresi arasında peynirlere ait genel duyuşal puanlar istatistiksel açıdan farklı bulunmamıştır ($P>0.05$).

Tablo 4.17. Serum ayırma pH'sının depolama süresince mozzarella Peynirlerinde duyuşal değerlendirme sonucu elde edilen genel kabul edilebilirlik puanları üzerine etkisi

Peynirler	Genel kabul edilebilirlik puanı	
	1. Gün	28. Gün
A	7.00 ± 0.209 c	7.29 ± 0.679 a
B	7.23 ± 0.135 c	7.58 ± 0.233 a
C	7.68 ± 0.117 b	7.00 ± 0.272 a
D	7.98 ± 0.071 a	6.75 ± 0.597 a

* Aynı sütün içinde aynı harfle işaretli ortalamalar arasında fark yoktur ($P>0.05$)

Ghosh ve Singh (1996), farklı titrasyon asitliklerinde pıhtı öğütme pH'ları ile üretilen mozzarella peynirlerinde duyuşal analiz sonucunda en yüksek görünüş, tekstür ve aroma puanını %0.8 asitlikteki peynirlerin aldığını bildirmiştir.

Duyusal özellikler, genel olarak değerlendirildiğinde, ilk gün analizlerinde A peynirlerinin beğenilmediği, buna karşılık, C ve D peynirlerinin beğenildiği ortaya çıkmaktadır. Olgunlaşma sonucunda ise A peynirlerinin önemli oranda tüm duyuşal özellikler bakımından pozitif gelişmeler kaydettiği, buna karşın D peynirlerinin beğenilmediği sonucuna varılmıştır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, manda sütünden yapılan mozzarella peynirlerinin üretim aşamalarında pH standardizasyonunun, peynirlerin başta kalsiyum konsantrasyonu olmak üzere kimyasal kompozisyonuna ve olgunlaştırmanın 1. ve 28. günlerinde fizikokimyasal ve duyusal özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Üretimde pH standardizasyonu ile, peynirlerin fizikokimyasal özelliklerinin gelişimine önemli etkisi olduğu bilinen kalsiyumca dört farklı konsantrasyonda mozzarella peynirinin elde edilmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla, mayalama ve serum ayırma pH'ları sırasıyla kontrolde (A) 6.4-6.2, B peynirinde 6.2-5.9, C peynirinde 5.9-5.6 ve D peynirinde 5.6-5.3 olmak üzere dört grup mozzarella peyniri üretilmiştir. Tüm peynirlerde pıhtı pH 5.2'ye kadar olgunlaştırıldıktan sonra kuru tuzlama ve haşlama aşamalarına geçilmiştir. Peynirlerde yapılan kimyasal ve fiziksel analizler sonucunda şu sonuçlar belirlenmiştir.

Peynirlerin kuru madde konsantrasyonu mayalama ve serum ayırma pH'larındaki düşüşle azalma eğilimi gösterirken, kuru maddede yağ oranları önemli derecede etkilenmemiş, protein miktarları ise yine kuru maddeye benzer şekilde pH düşüşüyle azalma eğilimi sergilemiştir.

Peynirlerdeki mineral miktarını gösteren kül değerleri çalışmanın hedefi doğrultusunda, pH standardizasyonundan önemli derecede etkilenmiş ve mayalama ve serum ayırma pH'larındaki düşüşe paralel olarak kül miktarları ile kalsiyum ve fosfor konsantrasyonları da düşmüştür. Peynirler arasında kalsiyum konsantrasyonları, A peynirinde 886.5, B peynirinde 763.8, C'de 706.6 ve D peynirinde 587.7 mg/100 g olarak değişmiştir.

Peynirlerin 1. gün pH ve asitlik değerleri üretimdeki son pH standardizasyonuna uyumlu bulunmuş, olgunlaştırmanın 28. gününde pH'larda düşüş eğilimi kaydedilmiştir.

Peynirlerin ayrılmayan serum miktarlarına pH standardizasyonu ve kalsiyum konsantrasyonunun istatistiksel olarak önemli etkisi olmamakla beraber, protein miktarı başına düşen ayrılmayan serum seviyeleri A peynirleri hariç diğer peynirlerde mayalama ve serum ayırma pH'sındaki artışa paralel olarak artmıştır. Olgunlaştırma ile tüm peynirlerde serbest su miktarı azalmış, ayrılmayan serum miktarları artmıştır.

Peynirlerin eriyebilirlik analizleri sonucunda, 1. gün A, B ve C peynirlerinde beklenildiği şekilde kalsiyum konsantrasyonundaki azalmaya göre erime miktarları artmıştır. D peynirinde ise düşük kalsiyum konsantrasyonuna rağmen eriyebilirlik

yeterince yüksek olmamıştır. Bu durum peynirlerde ne çok yüksek ne de çok düşük kalsiyum konsantrasyonlarının iyi sonuç verdiğini ve optimum eriyebilirlik için peynirlerin optimum kalsiyum/kazein oranına standardize edilmesi gerektiğini göstermektedir.

Olgunlaştırma ile peynirlerin eriyebilirlik özelliklerinde önemli değişimler kaydedilmiştir. A, B ve C peynirlerinde erime miktarları artmış, D peynirinde ise eriyebilirlik kaybı gözlenmiştir. Yüksek kalsiyum konsantrasyonundaki A peynirleri 28. gün en iyi erimeyi gösterirken D peynirleri en düşük değeri vermiştir. B ve C peynirlerinde eriyebilirlik küçük bir oranda gelişmiştir. Bu durum daha önce yapılan çalışmalara da paralel olarak, ön asitlendirme uygulaması ve serum ayırma pH derecelerinin düşük tutulmasının üretim sonrası ilk günlerde dahi peynirlere iyi bir eriyebilirlik sağladığını göstermiştir. Bu nedenle taze olarak tüketilecek mozzarella peynirlerinin üretiminde daha düşük mayalama ve serum ayırma pH'larının kullanılması avantajlı olacaktır. Bu çalışmada taze tüketimi söz konusu olacak mozzarella peynirleri için gerek eriyebilirlik gibi fizikokimyasal özellikler, gerekse duyuusal beğeni açısından C peynirleri önerilebilir. 28. gün sonuçları değerlendirildiğinde A ve C peynirlerinde aşırı yumuşama olduğu kaydedilmiş, duyuusal açıdan en çok B peynirleri beğenilmiştir.

Peynirler arasında her iki depolama süresinde de direk renk ölçümü sonuçları bakımından L değerleri farklılık göstermezken, a ve b değerleri arasında çok küçük farklılıklar kaydedilmiştir. Bu nedenle, üretimde pH standardizasyonu ve farklı kalsiyum konsantrasyonlarının peynir rengi üzerine önemli bir etkisi olmadığı söylenilebilir.

Pişirme sonrası renk ölçümü sonuçları peynirler arasında önemli fark göstermiş. L değerleri mayalama ve serum ayırma pH'larındaki düşüğe paralel olarak yükselmiştir. Pişirme işlemi rengin koyulaşmasına, dolayısıyla da L değerlerinin düşmesine neden olmaktadır. Her iki depolama süresinde de en belirgin değişim A, en az değişim D peynirlerinde gözlenmiştir. Peynirlerde pişirme öncesinde yeşilimtrak renge işaret eden negatif a değerleri, pişirme sonrasında kırmızılığı gösteren pozitif a değerlerine dönüşmüştür. a değerlerinde 1. gün en yüksek artış miktarı A peynirinde, en düşük artış D peynirlerinde gözlenmiş, 28. gün en yüksek artış yine A peynirlerinde gözlenirken en düşük artış miktarı C peynirlerinde meydana gelmiştir. Sarı rengin ölçüsü olan pozitif b değerleri pişirme ile artış göstermiştir. 1. gün en yüksek artış miktarı C, en düşük artış

miktarı B peynirlerinde gözlenirken, 28. gün en yüksek artış A, en düşük artış C peynirlerinde gözlenmiştir. Peynirdeki pişirme sonrası beyazlığı kıyaslamak için L değerlerini baz alacak olursak, serum ayırma pH'larının düşmesi ve olgunlaştırma ile L değerlerinde artış gözlenmiştir. Bu durum düşük serum ayırma pH'larının esmerleşmeyi azalttığını göstermektedir. Peynirlerin üretimi sırasında fermentasyonla pH'nın düşürülmesi, peynirde Maillard reaksiyonuna girebilecek laktoz ve galaktoz gibi şekerlerin parçalanmasını sağlayarak esmerleşmenin azalmasına neden olmaktadır. Böylece fermentasyon koşullarının kontrolü ile daha iyi esmerleşme özellikleri gösteren, pizza pişirme sırasında çabuk yanmayan mozzarella peynirleri üretilebilir.

Duyusal özellikler, genel olarak değerlendirildiğinde, ilk gün analizlerinde A peynirlerinin beğenilmediği, buna karşılık, C ve D peynirlerinin beğenildiği ortaya çıkmaktadır. Olgunlaşma sonucunda ise A peynirlerinin önemli oranda tüm duyuşal özellikler bakımından pozitif gelişmeler kaydettiği, buna karşın D peynirlerinin beğenilmediği sonucuna varılmıştır.

Ülkemiz önemli bir manda sütü potansiyeline sahiptir. Bununla birlikte bu manda sütleri endüstriyel olarak gerektiği gibi değerlendirilememektedir. Bugün dünya çapında çok yaygın tüketilen ve daha çok pizza yapımında kullanılan mozzarella peyniri esas olarak manda sütünden yapılmaktadır, ancak dünyanın bir çok yerinde manda sütü temin edilemediğinden inek sütü kullanılmaktadır. Ülkemizde de sınırlı seviyede yapılan mozzarella peyniri üretimlerinde daha çok inek sütü kullanılmaktadır. Bu çalışma kapsamında mozzarella peyniri üretiminde, peynire kendi özel karakteristik aroma ve yapısını kazandıran manda sütü kullanılarak üretim aşamalarının standardizasyonu üzerine çalışılmıştır.

6. KAYNAKLAR

- Altieri, C., Scrocco, C., Sinigaglia, M., Del Nobile, M. A., 2005. Use of Chitosan to Prolong Mozzarella Cheese Shelf Life. *Journal of Dairy Science*; 88, 8; pg. 2683.
- AOAC (2000), *Official Methods of Analyses of AOAC International*. Vol II. section 33. Dairy Products. 17th edition. Gaithersburg, MD. US. pp 1-80.
- Ardisson-Korat, A V., Rizvi, S S H., 2004. Vatless Manufacturing of Low-Moisture Part-Skim Mozzarella Cheese from Highly concentrated skim milk microfiltration retentates. *Journal of Dairy Science*, 87, 11, pg. 3601.
- Attard, D., McKinnon, I. R., Burgar, M. I., 2002. NMR study on the effect of thermomechanical treatment of Mozzarella. *Australian Journal of Dairy Technology*; 57. 2; pg. 166
- Balestrieria, M., Spagnuolo, M. S., Cigliano, L., Stortib, G., Ferrarab, L. et al., 2001. Evaluation of oxidative damage in Mozzarella cheese produced from bovine or water buffalo milk. *Food Chemistry*. 77, 293–299.
- Barbano, D. M., Yun, J. J., Kindstedt, P. S., 1994. Mozzarella Cheese Making by a Stirred Curd. No Brine Procedure. *J Dairy Sci* 77:2687-2694
- Bertola, N.C., Califano, A.N., Bevilacqua, A.E. and Zaritzky, N.E., 1996. Effect of Freezing Conditions on Functional Properties of Low Moisture Mozzarella Cheese. *J. Dairy Sci.*, 79. 185-190
- Bhaskaracharya, R. K., Friedhuber, A., Shah, N. P. 1998. Microstructure of full-fat Mozzarella cheese. *Australian Journal of Dairy Technology*; 53. 2; pg. 129
- Bhaskaracharya, R. K., Shah, N. P., 1999. Texture evaluation of commercial Mozzarella cheeses. *Australian Journal of Dairy Technology*; 54. 1; pg. 36
- Bhaskaracharya, R. K., Shah, N. P., 2000a. Texture characteristics and microstructure of skim milk Mozzarella cheeses made using exopolysaccharide or non-exopolysaccharide producing starter cultures. *Australian Journal of Dairy Technology*; 55. 3; pg. 132
- Bhaskaracharya, R. K., Shah, N. P., 2000b. A simplified method for examination of microstructure of Mozzarella cheeses with scanning electron microscopy. *Australian Journal of Dairy Technology*; 55. 1; pg. 28
- Bhaskaracharya, R. K., Shah, N P., 2001. Texture and microstructure of skim milk Mozzarella cheeses made using fat replacers. *Australian Journal of Dairy Technology*; 56. 1; pg
- Bhaskaracharya, R. K., Shah, N. P., 2002a. A new method for measuring stretchability of low-fat Mozzarella cheese. *Australian Journal of Dairy Technology*; 57. 2. pg. 168
- Bhaskaracharya, R K; Shah, N P., 2002b. Effects of method of salting on yield. starter bacteria population. and textural and melt characteristics of low-fat Mozzarella. *Australian Journal of Dairy Technology*; 57. 2; pg. 169
- Bonetti, E., 2004. The effectiveness of meta-brands in the typical product industry: Mozzarella cheese. *British Food Journal*; 106. 10/11; pg. 746
- Bradley, R.L., Arnold, E., Barbano, D.M., Semerad, R.G., Smith, D.E. and Vines. B.K., 1992. Chemical and physical methods. In: Marshall. R.T. (Ed) *Standard methods for the examination of dairy products*. 16th Edition. American Public Health Association. Washington, D.C., pp. 433–529.
- Califano, A. N., Bevilacqua, A. E., 1999. Freezing low moisture Mozzarella cheese: changes in organic acid content. *Food Chemistry*, 64, 193-198.

- Coppola, S., Villani, F., Coppola, R., Parente, E., 1990 Comparison of different starter systems for water buffalo Mozzarella cheese manufacture. *Lait*, 70:411-423.
- Coppola, S., Parente, E., Dumonlet, S., Peccerella, A., 1998. The microflora of natural whey cultures utilized as starter in the manufacture of Mozzarella cheese from water buffalo mil. *Lait*, 68: 295-310.
- Dave, R. I., McMahon, D. J., Oberg, C. J., Broadbent, J. R., 2003. Influence of coagulant level on proteolysis and functionality of Mozzarella cheeses made using direct acidification. *Journal of Dairy Science*; 86. 1; pg. 114
- Ennis, M.P, Mulvihill, D.M., 1999. Compositional characteristics of rennet caseins and hydration characteristics of the caseins in a model system as indicators of performance in Mozzarella cheese analogue manufacture. *Food Hydrocolloids*, 13, 325–337.
- Fafiky, N. Y., Kiely, L. J., Allshouse, R. D., and Kindstedt, P.S., 1991. Proteolysis in Mozzarella Cheese During Refrigerated Storage. *J Dairy Sci* 74:143>1438.
- Feeney, E P; Guinee, T P; Fox, P F., 2002. Effect of pH and calcium concentration on proteolysis in Mozzarella cheese. *Journal of Dairy Science*; 85. 7; pg. 1646.
- Ferrari, E., Gamberi, M., Manzini, R., Pareschi, A., Persona, A., Regattieri, A., 2003. Redesign of the Mozzarella cheese production process through development of a micro-forming and stretching. *Journal of Food Engineering*. 59. 13–23.
- Fife, R. L., McMahon, D. J. and Oberg, C. J., 1996. Functionality of Low Fat Mozzarella Cheese. *J Dairy Sci*. 79:1903-1910.
- Gallardo-Escamilla, F J; Kelly, A L; Delahunty, C M. 2005. Sensory Characteristics and Related Volatile Flavor Compound Profiles of Different types of whey. *Journal of Dairy Science*; 88. 8; pg. 2689.
- Gasperi, F., Gallerani, G., Boschetti, A., Biasioli, F., Monetti, A. et al, 2000. The Mozzarella cheese flavour profile: a comparison between judge panel analysis and proton transfer reaction mass spectrometry. *J Sci Food Agric*, 81:357±363.
- Ge, Q., Almena-Aliste, M., Kindstedt, P. S., 2002. Reversibility of pH-induced changes in the calcium distribution and melting characteristics of Mozzarella cheese. *Australian Journal of Dairy Technology*; 57. 1; pg. 3.
- Godefroy, S., Callaghan, P. T., 2003. 2D relaxation/diffusion correlations in porous media. *Magnetic Resonance Imaging*, 21. 381–383.
- Guinee, T. P., Auty, M. A. E., Harrington, D., Corcoran, M. O., 1998. Characteristics of different cheeses used in pizza pie. *Australian Journal of Dairy Technology*, 53. 2; pg. 109.
- Guinee, T. P., Feeney, E. P., Auty, M. A. E., Fox, P. F., 2002. Effect of pH and calcium concentration of some textural and functional properties of Mozzarella cheese. *Journal of Dairy Science*, 85. 7; pg. 1655.
- Gunasekaran, S., Kuo, M. I., Wang, Y.C., 1998. Evaluating melt characteristics of Mozzarella cheese by a linear viscoelastic test. *Australian Journal of Dairy Technology*, 53. 2; pg. 111.
- Guo, M.R. and Kindstedt, P. S., 1995. Age-Related Changes in the Water Phase of Mozzarella Cheese. *J Dairy Sci*, 78:2099-2107.
- Guo, M. R., Gilmore, J. A., and Kindstedt, P. S., 1997. Effect of Sodium Chloride on the Serum Phase of Mozzarella Cheese. *J Dairy Sci*, 80:3092–3098.
- Guo, M. R., Kindstedt., P. S., Metzger, L. E., Barbano, D. M., 1998. Low-fat Mozzarella cheese from pre-acidified milk. *Australian Journal of Dairy Technology*, 53. 2; pg. 108.

- Hicsasmaz, Z., Shippelt, L., Rizvi, S.S., 2004. Evaluation of Mozzarella Cheese Stretchability by the Ring-and-Ball Method. *Journal of Dairy Science*, 87, 7, pg. 1993.
- Hong, Y-H.; Yun, J.J., Barbano, D. M., Kindstedt, P. S., 1998. Impact of three commercial lactobacillus culture strains on Mozzarella cheese yield. *Australian Journal of Dairy Technology*; 53. 3; pg. 170.
- Imm, J. Y., Oh, E. J., Han, K. S., Oh, S., 2003. Functionality and Physico-Chemical Characteristics of Bovine and Caprine Mozzarella cheeses during refrigerated storage. *Journal of Dairy Science*, 86. 9; pg. 2790.
- Johnston, K., Dodds, C., Hirst, R., 2002a. Hydrocolloids in Mozzarella. *Australian Journal of Dairy Technology*, 57, 2, pg. 134.
- Joshi, N.S, Muthukumarappan, K., Dave, R. I., 2002b. Role of soluble and colloidal calcium contents on functionality of salted and unsalted part skim Mozzarella cheese. *Australian Journal of Dairy Technology*, 57, 3, pg. 203.
- Joshi, N. S., Muthukumarappan, K., Dave, R. I., 2003. Understanding the role of calcium in functionality of part skim Mozzarella cheese. *Journal of Dairy Science*; 86. 6, pg. 1918.
- Joshi, N. S., Muthukumarappan, K., Dave, R. I., 2004a. Effect of Calcium on Microstructure and Meltability of Part Skim Mozzarella Cheese. *Journal of Dairy Science*, 87, 7, pg. 1975.
- Joshi, N.S., Muthukumarappan, K., Dave, R. I., 2004b. Effects of reduced-calcium. test temperature and storage on stretchability of part skim Mozzarella cheese. *Australian Journal of Dairy Technology*, 59, 1, pg. 60.
- Joshi, N. S., Muthukumarappan, K., and Dave, R. I., 2004c. Viscoelastic Properties of Part Skim Mozzarella Cheese: Effect of Calcium. Storage. and Test Temperature. *International Journal Of Food Properties*, Vol. 7. No. 2. pp. 239–252.
- Kay, H.D., 1974. *Milk and Milk Production. The Husbandry and Health of the Domestic Buffalo*, FAO of the United Nations, Rome.
- Kindstedt, P. S., 1985. Mineral Composition and Mozzarella Cheese Quality. 22nd Annual Marshall Invitational Italian Cheese Seminar. Cornell University, Ithaca, New York, 14853.
- Kindstedt, P. S., Yun, J. J., Kiely, L. J., and Gilmore, J.A., 1992. Variation in Composition and Functional Properties Within Brine-Salted Mozzarella Cheese. *J Dairy Sci*, 752913-2921.
- Kindstedt, P. S., 1993. *Cheese: Chemistry. Physics and Microbiology. volume 2. major cheese groups. Mozzarella and Pizza Cheese*: Department of Food Chemistry. University Collage, Cork, Ireland.
- Kindstedt, P. S., Yun, Barbano, D. M., 1995. Mozzarella Cheese: Impact of Coagulant Concentration on Chemical Composition. Proteolysis. and Functional Properties. *J Dairy Sci* 78:2591-2597
- Kindstedt, P. S., Larose, K. L., Gilmore, J. A., and Davis, L., 1996. Distribution of Salt and Moisture in Mozzarella Cheese with Soft Surface Defect. *J Dairy Sci*, 792278-2283.
- Kindstedt, P.S; Guo, M. R., 1998. A physico-chemical approach to the structure and function of Mozzarella cheese. *Australian Journal of Dairy Technology*, 53, 2, pg. 70.

- Kindstedt, P.S., Zielinski, A., Almena-Aliste, M., Ge, C., 2001. A post-manufacture method to evaluate the effect of pH on Mozzarella cheese characteristics. *Australian Journal of Dairy Technology*, 56, 3, pg. 202.
- Kindstedt, P. S., Acosta, L., 2005. Effect of storage time and temperature on the serum phase of cultured cream cheese. *Australian Journal of Dairy Technology*, 60, 1, pg. 10.
- Kosikowski, F., 1982. *Cheese and Fermented Milk Foods*. Department of Food Science. Cornell University. Ithaca. Newyork.
- Kuo, M.I., Gunasekaran, S., Johnson, M., and Chen, C., 2001. Nuclear Magnetic Resonance Study of Water Mobility in Pasta Filata and Non-Pasta Filata Mozzarella. *J. Dairy Sci*, 84:1950–1958.
- Kuo, M. I., Anderson, M. E., Gunasekaran, S., 2003a. Determining effects of freezing on pasta filata and non-pasta filata Mozzarella cheeses by nuclear magnetic resonance imaging. *Journal of Dairy Science*; 86. 8; pg. 2525.
- Kuo, M. I., Gunasekaran, S., 2003b. Effect of frozen storage on physical properties of pasta filata and nonpasta Mozzarella cheeses. *Journal of Dairy Science*; 86. 4; pg. 1108.
- Madsen, J. S., Qvist, K. B., 1998. Mozzarella made by ultrafiltration. *Australian Journal of Dairy Technology*; 53. 2; pg. 112.
- Mayes, J J; Sutherland, B J., 2002a. Effect of high stretch temperature on the properties of Mozzarella. *Australian Journal of Dairy Technology*; 57. 2; pg. 178.
- Mayes, J J; Sutherland, B J., 2002b. Effect of using mesophilic starter on the properties of Mozzarella. *Australian Journal of Dairy Technology*, 57. 2; pg. 179.
- Mauriello, G; Moio, L; Genovese, A; Ercolini, D., 2003. Relationship between flavoring capabilities. bacterial composition. and geographical origin of natural whey cultures used for traditional water-buffalo Mozzarella cheese manufacture. *Journal of Dairy Science*, 86. 2; pg. 486.
- Matzdorf, B., Cuppett, S.L., Keler, L., Hutkins, R.W., 1994. Browning of Mozzarella Cheese During High Temperature Pizza Baking. *J Dairy Sci*, 77:2850-2853.
- McMahon, D. J., Oberg, C. J., 1998. Influence of fat. moisture and salt on functional properties of Mozzarella cheese. *Australian Journal of Dairy Technology*; 53. 2; pg. 98.
- McMahon, D.J., Paulson, B., Oberg, C.J., 2002. Influence of calcium. pH and moisture on protein matrix structure and functionality in direct-acidified nonfat Mozzarella cheese. *J. Dairy Sci.*, 88:3754-3763.
- Mead, D., Roupas, P., 2001. Effect of incorporation of denatured whey proteins on chemical composition and functionality of pizza cheese. *Australian Journal of Dairy Technology*. 56. 1; pg. 19.
- Melilli, C., Carcò, D; Barbano, D M; Tumino, G; 2005. Composition. Microstructure. and Surface Barrier Layer Development During Brine salting. *Journal of Dairy Science*; 88. 7; pg. 2329.
- Melilli, C., Barbano, D. M., Caccamo, M., Calvo, M. A., 2004. Influence of Brine Concentration. Brine Temperature. and Presalting on Early gas defects in raw milk pasta filata cheese. *Journal of Dairy Science*; 87. 11; pg. 3648.
- Mehmetak, M., and Gunasekaran, S., 1997. Anisotropy in Tensile Properties of Mozzarella Cheese. *J. Food Sci*. 62(5): 1031-1033.
- Merrill, R. K., Oberg, C. J., and McMahon, D.J., 1994. A Method for Manufacturing Reduced Fat Mozzarella Cheese. *J Dairy Sci* 77:1783-1789.

- Metzger, L. E. and Barbano, D. M., 1999. Measurement of Postmelt Chewiness of Mozzarella Cheese. *J Dairy Sci* 82:2274–2279
- Metzger, L. E., Barbano, D. M., Rudan, M. A., and Kindstedt, P. S., 2000. Effect of Milk Preacidification on Low Fat Mozzarella Cheese I. Composition and Yield. *J Dairy Sci.*, 83:648–658.
- Metzger, L. E., Barbano, D. M., Guo, M. R and Kindstedt, P. S., 2001a. Effect of Milk Preacidification on Low Fat Mozzarella Cheese: II. Chemical and Functional Properties During Storage. *J. Dairy Sci.*, 84:1348–1356.
- Metzger, L. E., Barbano, D. M. and Kindstedt, P. S., 2001b. Effect of Milk Preacidification on Low Fat Mozzarella Cheese: III. Post-Melt Chewiness and Whiteness *J. Dairy Sci.*, 84:1357–1366.
- Metin, M., 2003. Süt Teknolojisi Sütün Bileşimi ve İşlenmesi. E.Ü. Mühendislik Fakültesi Yayınları No:33, İzmir, 802 s.
- Metin, M. ve Öztürk, G.F., 2002. Süt ve Mamulleri Analiz Yöntemleri (Duyusal, Fiziksel ve Kimyasal Analizler). Ege Üniversitesi Ege Meslek Yüksekokulu Yayınları No:24. Ege Meslek Yüksekokulu Basımevi. Bornova-İzmir, 439s.
- Morea, M., Baruzzi, F., and Cocconcelli, P.S., 1999. Molecular and physiological characterization of dominant bacterial populations in traditional Mozzarella cheese processing. *Journal of Applied Microbiology*, 87, 574–582.
- Morea, M., Baruzzi, F., Cappa, F., Cocconcelli, P.S., 1998. Molecular characterization of the *Lactobacillus* community in traditional processing of Mozzarella cheese. *International Journal of Food Microbiology*, 43, 53–60.
- Mukherjee, K. K., and Hutkins, R. W., 1994. Isolation of Galactose-Fermenting Thermophilic Cultures and Their Use in the Manufacture of Low Browning Mozzarella Cheese. *J Dairy Sci.*, 77, 2839-2849.
- Mulvaney, S., Rong, S., Barbano, D. M., and Yun, J. J., 1997. Systems Analysis of the Plasticization and Extrusion Processing of Mozzarella Cheese. *J Dairy Sci.*, 80, 3030–3039.
- Muthukumarappan, K., Wang, Y.C., and Gunasekaran, S., 1999. Short Communication: Modified Schreiber Test for Evaluation of Mozzarella Cheese Meltability. *J Dairy Sci.*, 82., 1068–1071.
- Oberg, C. J., Wang, A., Moyes, L., Rodney, B. and Richardson, G. H., 1991a. Effects of Proteolytic Activity of Thermolactic Cultures on Physical Properties of Mozzarella Cheese. *J Dairy Sci.*, 74, 389-397.
- Oberg, C. J., Merrill, R. K., Brown, R. J. and Richardson, G. H., 1991b. Effects of *Lactobacillus helveticus* Culture on Physical Properties of Mozzarella Cheese. *J Dairy Sci.*, 74, 4101-4107.
- Oberg, C. J., Merrill, R. K., Brown, R. J. and Richardson, G. H., 1992a. Effects of Milk-Clotting Enzymes on Physical Properties of Mozzarella Cheese. *J Dairy Sci.*, 75, 669675.
- Oberg, C. J., Merrill, R. K., Brown, R. J. and Richardson, G. H., 1992b. Effects of Freezing, Thawing, and Shredding on Low Moisture, Part-Skim Mozzarella. *J Dairy Sci.*, 75, 1161-1166.
- Oberg, C. J., McMahon, D. J. and Fife, R. L., 1999. Water Partitioning in Mozzarella Cheese and Its Relationship to Cheese Meltability. *J Dairy Sci*, 82:1361–1369.
- Oommen, B. S., McMahon, D. J., Oberg, C. J., Broadbent, J. R., and Strickland, M. 2002. Proteolytic Specificity of *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*

- Influences Functional Properties of Mozzarella Cheese. *J. Dairy Sci.* 85:2750–2758.
- O'Reilly, C.E., Murphy, P.M., Kelly, A.L., Guinee, T.P., Autya M. A.E. et al., 2002. The effect of high pressure treatment on the functional and rheological properties of Mozzarella cheese. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 3, 3-9.
- O'Sullivan, M. M., ve Mulvihill, D. M., 2001. Influence of some physico-chemical characteristics of commercial rennet caseins on the performance of the casein in Mozzarella cheese analogue manufacture. *International Dairy Journal*, 11, 153–163.
- Pastorino, A. J., Dave, R. I., Oberg, C. J., McMahon, D. J., 2002. Temperature effect on structure-opacity relationships of nonfat Mozzarella cheese. *Journal of Dairy Science*, 85, 9, pg. 2106.
- Pastorino, A. J., Ricks, N. P., Hansen, C. L., McMahon, D. J., 2003. Effect of calcium and water injection on structure-function relationships of cheese. *Journal of Dairy Science*, 86, 1, pg. 105.
- Pilcher, S. W., and Kindstedt, P. S., 1990. Survey of Mozzarella Cheese Quality at Restaurant End Use. *J Dairy Sci*, 73:164&1647
- Rice, W.H., and McMahon, D.J., 1998. Chemical. Physical. and Sensory Characteristics of Mozzarella Cheese Fortified Using Protein-Chelated Iron or Ferric Chloride. *J Dairy Sci*, 81:318–326.
- Romano, P., Ricciardi, A., Salzano, G., Suzzi, G., 2001. Yeasts from Water Buffalo Mozzarella. a traditional cheese of the Mediterranean area. *International Journal of Food Microbiology*, 69, 45–51.
- Rowney, M., Roupas, P., Hickey, M., W Everett, D., 1998a. Milkfat structure and free oil in Mozzarella cheese. *Australian Journal of Dairy Technology*; 53, 2; pg. 110.
- Rowney, M., Roupas, P., Hickey, M., W Everett, D., 1998b. Mozzarella cheese: Putting the pieces together. *Australian Journal of Dairy Technology*, 53, 3, pg. 191.
- Rowney, M., Roupas, P., Hickey, M. W., Everett, D. W., 1999. Factors affecting the functionality of Mozzarella cheese. *Australian Journal of Dairy Technology*, 54, 2; pg. 94.
- Rowney, M., Roupas, P., Hickey, M., W Everett, D., 2003a. The effect of compression. stretching. and cooking temperature on free oil formation in Mozzarella curd. *Journal of Dairy Science*, 86, 2, pg. 449.
- Rowney, M., Roupas, P., Hickey, M.W., Everett, D., 2003b. The effect of homogenization and milk fat fractions on the functionality of Mozzarella cheeses. *Journal of Dairy Science*, 86, 3, pg. 712.
- Rowney, M., Roupas, P., Hickey, M. W., Everett, D., 2004. Salt-induced structural changes in 1-day old Mozzarella cheese and the impact upon free oil formation. *International Dairy Journal*, 14, 809–816.
- Rudan, M. A., Barbano, D. M., 1998. A dynamic model for melting and browning of Mozzarella cheese during pizza baking. *Australian Journal of Dairy Technology*, 53, 2, pg. 95.
- Rudan, M.A., Barbano, D.M., Yun, J.J., Kindstedt, P.S., 1999. Effect of Fat REduction on Chemical Composition. Proteolysis. Functionality and Yield of Mozzarella Cheese. *J Dairy Sci.*, 82, 4.
- Shakeel-Ur-Rehman, Farkye, N. Y., Yim, B., 2003. Use of Dry Milk Protein Concentrate in Pizza Cheese Manufactured by Culture or direct acidification. *Journal of Dairy Science*, 86, 12; pg. 3841.

- Sheehan, J. J. Guinee, T. P., 2004. Effect of pH and calcium level on the biochemical, textural and functional properties of reduced-fat Mozzarella cheese. *International Dairy Journal*, 14, 161–172.
- Sheehan, J. J., Huppertz, T., Hayes, M.G., Kelly, A. L., Beresford T. P., Guinee T. P., 2005. High pressure treatment of reduced-fat Mozzarella cheese: Effects on functional and rheological properties. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 6, 73– 81.
- Sheehan, J. J., Guinee, T. P., 2003. Effect of pH and calcium level on the biochemical, textural and functional properties of reduced-fat Mozzarella cheese. *International Dairy Journal*, 14, 161–172.
- Sherkat, F., Walker, M., 2002. Functionality and consumer acceptance of pizza cheese analogue. *Australian Journal of Dairy Technology*, 57, 2; pg. 135.
- Şekerden, Ö., 2001. Büyükbaş Hayvan Yetiştirme (Manda Yetiştiriciliği), Hatay.
- Tunick, M. H., Malin, E. L. Smith, P. W., Shieh, J. J., Sullivan, B. C., Mackey, K. L., and Holsinger, V. H., 1993. Proteolysis and Rheology of Low Fat and Full Fat Mozzarella Cheeses Prepared from Homogenized Milk. *J Dairy Sci*, 76:3621-3628.
- Tunick, M. H., 1994. Effects of Homogenization and Proteolysis on Free Oil In Mozzarella Cheese. *J Dairy Sci*, 77:2487-2493.
- Tunick, M. H., Cooke. P. H., Malin. E. L., Smith. P. W., Holsinger. V. H., 1996. Reorganization of Casein Submicelles in Mozzarella Cheese During Storage. *Int. Dairy Journal*. 7, 149- 155.
- Tunick, M. H., Van, Hekken, D. L. Cooke, P. H., Smith, P. W. and Malin, E. L., 2000. Effect of High Pressure Microfluidization on Microstructure of Mozzarella Cheese.
- Üçüncü, M., 2004. A'dan Z'ye Peynir Teknolojisi cilt II. Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi. Gıda Mühendisliği Bölümü. İzmir, 1233 s.
- Yetim, H., 2001. Enstrümental gıda analizleri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Yayınları No: 224. Erzurum, 219s.
- Yu, C. ve Gunasekaran, S., 2004. A systems analysis of pasta filata process during Mozzarella cheese making. *Journal of Food Engineering*. 69, 399–408.
- Yun, J. J., Kiely, L. J. Kindstedt, P. S., and Barbano, D. M., 1993a. Mozzarella Cheese: Impact of Milling pH on Functional Properties. *J Dairy Sci* 76:3639-3647.
- Yun, J. J., Kiely, L. J., Barbano, D. M., and Kindstedt, P. S. 1993b. Mozzarella Cheese: Impact of Cooking Temperature on Chemical Composition, Proteolysis, and Functional Properties. *J Dairy Sci* 76:3664-3673.
- Yun, J. J., Barbano, D. M., Kindstedt, P. S., 1993c. Mozzarella Cheese: Impact of Milling pH on Chemical Composition and Proteolysis. *J Dairy Sci*, 76, 3629-3638.
- Yun, J. J., Kiely, L. J., Kindstedt, P. S., and Barbano, D. M., 1993d. Mozzarella Cheese: Impact of Coagulant Type on Functional Properties. *J Dairy Sci* 76:3657-3663.
- Yun, J. J., Barbano, D. M., Kindstedt, P. S., 1993e. Mozzarella Cheese: Impact of Coagulant Type on Chemical Composition and Proteolysis. *J Dairy Sci.*, 76, 3648-3656.
- Yun, J. J., Barbano, D. M., Kiely, L. J. and Kindstedt, P. S., 1995a. Mozzarella Cheese: Impact of Çubuk:kok Ratio on Composition, Proteolysis, and Functional Properties. *J Dairy Sci* 78:751-760.
- Yun, J. J., Barbano, D. M., Kindstedt, P. S. and Larose, K.L., 1995b. Mozzarella Cheese: Impact of Whey pH at Draining on Chemical Composition, Proteolysis, and Functional Properties. *J Dairy Sci*, 78:1-7

- Wang, H., Sun, D., 2001. Melting characteristics of cheese : analysis of cooking conditions using computer vision technology. *Journal of Food Engineering*, 51, 305-310.
- Wang, H. ve Sun, D., 2001. Melting characteristics of cheese: analysis of effect of cheese dimensions using computer vision techniques. *Journal of Food Engineering*, 52, 279–284.
- Wang, H. ve Sun, D., 2003. Extruder system Assessment of cheese browning affected by baking conditions using computer vision. *Journal of Food Engineering*, 56, 339–345.
- Wang, H. ve Sun, D., 2004. Evaluation of the oiling off property of cheese with computer vision: Influence of cooking conditions and sample dimensions. *Journal of Food Engineering*, 61, 57–66
- Zisu, B. ve Shah, N.P., 2004. Textural and functional changes in low-fat Mozzarella cheeses in relation to proteolysis and microstructure as influenced by the use of fat replacers. preacidification and EPS starter. *International Dairy Journal*, 15, 957–972.